CORSO ELEMENTARE

DI

FISICA SPERIMENTALE

DI

GIUSEPPE BELLI

PROF. DI FISICA NELL'I. R. LICEO DI PORTA NUOVA IN MILANO

UNO DEI XL DELLA SOCIETÀ ITALIANA DELLE SCIENZE

VOL. III.

MILANO

DALLA SOCIETÀ TIPOGRAFICA DE' CLASSICI ITALIANI

MDCCCXXXVIII

AL LETTORE

Si è frapposto un lungo intervallo di tempo fra la pubblicazione de' due precedenti Volumi e quella del presente. Del che una delle cause si fu l'aver io dovuto frammettere un altro lavoro, per ragioni che è qui inutile riferire (*). *E in secondo luogo mi costò assai tempo e fatica il raccogliere i materiali, il depurarli e il farmene nozioni sufficientemente sicure, tanto più che io non potei ajutarmi colle sperienze se non in poche cose; come pure l'ordinarli e il cercar di riempiere qualcuna delle lacune che io andava trovando nel loro complesso.*

Ad onta della sua mole, non si contengono nel presente Volume che le sole dottrine dell'ordinaria elettricità delle macchine o di sfregamento. Le quali dottrine mi sono cresciute alquanto più di quello che mi sarei immaginato dapprincipio, avendone trovato molte quasi dimenticate in libri che attualmente vengono poco consultati, e degnissime non pertanto d'esser salvate dall'obblio. Il rimanente del Trattato dell'Elettricità farà parte del quarto Volume, il quale conterrà altresì le dottrine del Magnetismo, con quelle de' Fenomeni elettromagnetici e magnetoelettrici. E l'opera verrà compiuta da un quinto Volume, contenente il Trattato della Luce.

(*) *Fu questo la pubblicazione delle* Riflessioni sulla legge dell'Attrazione molecolare, *inserite per esteso nel Tomo I degli* Opuscoli matematici e fisici (*Milano*, 1832, *presso P. E. Giusti*), *e per estratto negli* Annali delle Scienze del Regno Lombardo Veneto, *pel* 1832.

Nelle cose che io trovai già trattate con bastevole estensione da altri, ho procurato di non diffondermi gran fatto, indicando in vece le fonti da cui ho attinto e a cui potranno ricorrere coloro che vorranno maggiormente approfondare le materie. Mi sono diffuso maggiormente in quegli argomenti ne' quali mi parve di poter aggiungere o aggiustare qualche cosa, e di cui non mi sembrava conveniente lo stendere delle memorie apposite, attesa la poca novità ed importanza. Dubito però che spesse volte io abbia avuto soverchio timore di non essere inteso, e sia perciò stato prolisso oltre il dovere. Alcune cose per altro, ove la minuta esposizione sarebbe riuscita di troppa lunghezza, mi son limitato a darle in succinto, esponendole con maggior estensione in lavori a parte. Tali sono i soggetti di alcune memoriette inserite gli anni scorsi in diverse opere periodiche (*); e tali diverse proposizioni relative alla distribuzione del fluido elettrico, citate ne' Capitoli 2° e 3° di questo Volume, e intorno a cui io pubblicherò una Memoria in qualche Raccolta, e probabilmente negli Atti della Società Italiana.

Mi resta a pregar il Lettore di non voler attribuire gli errori e i difetti che gli avverrà d'incontrare, a mancanza di diligenza, ma, almeno in gran parte, alla difficoltà e lunghezza del lavoro.

(*) *Di una nuova maniera di Macchina elettrica*, Annali delle Scienze del Regno Lombardo Veneto, *anno* 1831, *p.* 111.

Delle Ripulsioni elettriche nell'aria rarefatta, Opuscoli matematici e fisici, *T. I*, *p.* 376.

Sull'Elettricità negativa delle cascate d'acqua, Biblioteca Italiana, 1836, *T. LXXXIII*, *p.* 32.

Sulla dispersione delle due elettricità, ibid., 1836, *T. LXXXI*, *p.* 189; 1837, *T. LXXXV*, *p.* 406, e *T. LXXXVI*, *p.* 276.

Sui Residui delle scariche delle bocce di Leida, ibid. *T. LXXXV*, *p.* 417.

SEZIONE QUARTA

DELL' ELETTRICITÀ

CAPO PRIMO

PRINCIPII GENERALI

Brevi cenni storici.

845. Si conosceva fino dai tempi di Talete il singolar fenomeno che un pezzo d'ambra gialla strofinato attrae a se i corpi leggieri (*). Ma questo fatto, che doveva col tempo dar origine a un vasto ramo di scienza, rimase trascurato e infruttuoso per molti secoli, cioè sin verso la fine del XVI secolo. Allora cominciò l'inglese medico Gilbert a riconoscere che una siffatta virtù è comune a molte altre sostanze, allo zolfo cioè, al diamante, al vetro, all'allume, e a diverse altre. Di poi Ottone de Guerike, Boyle, Hauxbee ed altri Fisici trovarono diversi altri fatti connessi con quello dell'attrazione de' corpi leggieri, p. e. una particolar luce presentata nell'oscurità dai detti corpi strofinati, un particolare strepito che talvolta fanno sentire nello sviluppar questa luce, un'azione ripulsiva che in alcuni casi essi mostrano, ec. E così ebbe origine una serie di particolari fenomeni, i quali dalla greca parola *electron*, indicante l'ambra gialla, vennero chiamati *fenomeni elettrici*.

(*) Possono vedersi nella *Introd. ad Philos. Nat.* di Musschenbroek, § 822, molte citazioni di antichi autori a ciò relative.

Si accrebbe poscia più e più il numero delle sostanze ove si riconobbe una tale virtù; e in fine si venne a scoprire che tutti quanti i corpi della natura, venendo sfregati o trattati in altri convenienti modi, ne possono dar segno; talmentechè ciò che prima credevasi una bizzarra prerogativa di una sola e rara sostanza, si trovò essere una delle forze più universali della natura. E così pure, mentre si andava estendendo la serie de' corpi atti a questi fenomeni, si vennero eziandio trovando altre maniere di ottener questi ultimi, e si scopersero successivamente altri ed altri fatti seco loro collegati; e insieme svanirono a poco a poco le irregolarità che dapprincipio in essi apparivano, e si ridussero sempre più semplici le loro leggi. A tutte le quali ricerche furono i filosofi in sulle prime soltanto allettati dalla singolarità e novità di questi fenomeni, non iscorgendovisi per molto tempo veruna utilità nè importanza; ma in progresso scopertasi la relazione ch' essi hanno colla folgore, e di poi quella co' più importanti fenomeni chimici e col magnetismo, s' aggiunse allo studio loro un vivissimo impulso, che ajutò gradatamente a farne superare le sempre crescenti difficoltà.

Malgrado però l'indefessa applicazione di molti profondi ingegni, e i grandi progressi fattisi, rimane ancora molta oscurità nelle parti più recondite di questo ramo di scienze; è ancora ignoto, p. e., se l'agente da cui tali fenomeni dipendono, sia semplice o duplice; e da alcuni si nega perfino ch' esso sia una sostanza esistente da se.

Noi dedicheremo a un tale complesso di fatti la presente quarta Sezione, nella quale cominceremo con questo primo Capitolo a premettere alcune nozioni generali, e quindi distribuiremo le materie in due principali parti, l'una riguardante l'*Equilibrio del Fluido elettrico*, l' altra il *Moto* del medesimo.

Mezzi per riconoscere i corpi elettrizzati.

846. Dicesi *elettrizzato* un corpo, allorquando, in conseguenza o dello strofinamento o di qualche altro conveniente processo, esso possiede la proprietà di attirare a se i corpi leggieri di qualunque natura, di respingerli talora dopo che sono giunti al contatto, di manifestare sovente all'atto del toccamento una particolar luce e un particolare strepito, con una serie di altri fatti che sonosi trovati connessi colla detta attrazione de' corpi leggieri. Si chiamano *fenomeni elettrici*, come ho detto, questi fatti; *elettricità* la causa, qualunque ella sia, da cui vengono prodotti; *elettrizzare* i corpi il comunicare a questi la facoltà di presentarli.

847. Per accertarsi se un corpo sia o no elettrizzato, dopo essere, p. e., stato strofinato con un pezzo di panno, un mezzo semplicissimo si è di accostarlo a pezzettini di carta, a fogliettine d'oro, a barbe di piume, a bricioli di midollo di sambuco, o ad altri somiglianti piccioli e leggieri corpi posti su di una tavola; ovvero di avvicinarlo a un filo sottilissimo di seta o meglio di canape sospesi; e di vedere se questi corpi ne vengano attirati.

Un altro modo comodissimo è quello di appendere a un filo di lino o di canape o anche metallico, ma sottilissimo, un leggiero fiocco di cotone, una leggiera palletta di midollo di sambuco, o simile altro corpicello, e di accostarvi quindi il corpo che si vuol provare; se questo o mediante lo sfregamento o con qualche altro processo ha acquistato un sensibile grado di elettricità, attrae in sulle prime il fiocco o la pallettina, e appena toccatala soventi volte la respinge. È questo il *Pendolo elettrico* (fig. 1). Noi raccomandiamo al lettore di ripetere e moltiplicare siffatte sperienze; sono esse facilissime, ma non pertanto, per

le singolarità che presentano, riescono agevolmente ad eccitar l'attenzione e ad impegnare ad altre più difficili, necessarie ad apprender bene e facilmente e con piacere questa parte di scienza.

Un'altra maniera molto delicata consiste nell'*Elettroscopio non isolato di Haüy*. Consiste questo in una sottile e leggiera asta metallica (fig. 2) munita alle estremità di due pallette pur metalliche ma vote, ed equilibrata in direzione orizzontale su di una sottil punta d'acciajo collocata su d'un piede di legno o anche metallico, intorno alla qual punta possa essa asta muoversi agevolissimamente. Accostando lateralmente ad una delle sue estremità un corpo elettrizzato, questo la attrae prontamente verso di se. Fu un tale strumento primamente immaginato ed adoperato dal citato medico Gilbert (1), e ridotto in questi ultimi tempi da Haüy alla forma descritta (2).

De' corpi idioelettrici o coibenti o isolanti, e de' corpi anelettrici o deferenti o conduttori.

848. Operando nell'uno o nell'altro degli indicati modi, si trova che per riguardo alla proprietà di cui ci occupiamo, i corpi tutti della natura si possono distinguere in due gran classi. Alcuni cioè si mostrano atti ad acquistare collo sfregamento, e a conservare, anche tenuti in mano o fatti toccare in qualche loro parte con altri corpi qualunque, la menzionata virtù attrattiva e talora eziandio la proprietà di dare delle scintillette luminose; e questi vennero appellati col nome di corpi *idioelettrici* o *elettrici per se*. Altri corpi invece, venendo strofinati mentre sono tenuti immedia-

(1) Priestley, *Histoire de l'Électricité*, *traduite de l'anglais*. Paris, 1771, t. I, p. 7.

(2) Haüy, *Traité de Physique*, ediz. 1821, t. I, § 618.

tamente colla mano senza che fra essi e questa nulla vi abbia di intermedio, si mostrano incapaci di quelle proprietà; e questi vennero chiamati *anelettrici*. Alla prima classe appartengono le sostanze che abbiamo menzionate poc'anzi, l'ambra gialla cioè, lo zolfo, il vetro, ec.; della seconda sono i metalli, le sostanze animali e vegetali vive o almeno morte di fresco e non ancor secche, con un gran numero d'altre.

849. Quando nulladimeno si operi in certa maniera particolare, si possono ottenere que' fenomeni anche dalla seconda classe di corpi. Preso in fatti (fig. 3) un pezzo metallico liscio che sia saldato all'estremità di un manico di vetro ricoperto di cera lacca, e quindi strofinatolo, dà anch'esso segni di elettricità. Ma questi cessano immediatamente se esso si tocchi o direttamente colla mano, o con un altro corpo metallico tenuto in mano. Che se esso si tocchi con un altro simile pezzo metallico che sia unito ad un altro manico di vetro coperto di cera lacca, la virtù non fa che indebolirsi e compartirsi in parte anche a questo.

850. Noi veggiamo da quest' ultimo fatto che i corpi *anelettrici* posseggono la proprietà di permettere il passaggio alla virtù elettrica attraverso a se medesimi, e di trasmetterla agli altri corpi. Infatti il primo de' menzionati pezzi metallici muniti di manichi di vetro lascia passare attraverso a se una siffatta virtù o per privarsene affatto lasciandola sfuggire per la mano, o per cederne una parte all'altro de' pezzi metallici, il quale similmente le concede di venire entro di se. Per una tale ragione i corpi anelettrici si chiamano altresì *deferenti* o *conduttori*.

Ciò poi spiega la citata incapacità di questi a manifestare i fenomeni elettrici, quando nello strofinarli si tengano direttamente colla mano: acquistano essi benissimo mediante lo sfregamento la virtù elettrica, ma questa passa immediatamente dalle parti strofinate ove si sviluppa, alle parti contigue non istrofinate e

da queste alla mano, donde poi si ripartisce in tutto quanto il corpo nostro e in fine si dissipa nel terreno. Dal vedersi poi che il secondo pezzo metallico munito del manico di vetro ha ricevuto da quello strofinato una parte di cotale virtù, si riconosce che allorquando questa abbandona un corpo conduttore, non si perde già, ma soltanto si divide e si ripartisce ad altri corpi.

851. Que' corpi all'incontro, i quali, anche tenuti in mano, collo strofinamento acquistano elettricità ossia si *elettrizzano* e che si dicono *idioelettrici*, non hanno la proprietà di condurre questa virtù altrove, o almeno l'hanno in un grado assai debole; di qui è che essi possono conservarla anche trovandosi, colle parti non istrofinate, in contatto di corpi conduttori, e che possono tenerla confinata ne' metalli portati da essi, impedendo che questi metalli la trasmettano ai corpi circostanti. Ciò ha fatto sì che cotali corpi idioelettrici venissero altresì chiamati *coibenti* ovvero *isolanti; coibenti* perchè atti a trattenere il movimento dell'elettricità; *isolanti* perchè capaci di *isolare* o separare i corpi conduttori dalla comunicazione con altri a cui potessero trasmettere o da cui potessero ricevere elettricità. Quel pezzo metallico, p. e., munito di manico di vetro, del quale abbiamo parlato precedentemente, è appunto *isolato* col mezzo di questo manico.

852. Fra i corpi conduttori però e i coibenti non vi è separazione decisa, ma tutti insieme formano una scala, nella quale si passa per insensibili gradazioni dai più perfetti coibenti ai più perfetti conduttori.

I più perfetti coibenti o isolanti sono il vetro comune, il diamante, l'ambra gialla, la cera lacca, la lacca pura, la seta, lo zolfo, le resine, i peli animali, l'aria secchissima. Il vetro, p. e., è un coibente sì perfetto, che avendo Canton caricate internamente di elettricità delle bolle di vetro sottilissimo, e avendole quindi chiuse ermeticamente e tenute sott'acqua, po-

terono esse conservare questa elettricità anche per molti anni (1).

Segue a questi una classe di corpi che si sogliono chiamare *semi-coibenti*. Tali sono l'aria non molto secca e non molto umida, gli olii, l'etere, i legni divenuti secchi da se, le stoffe di lino e di canape ben asciutte, la carta comune pure ben asciutta, molte sostanze d'origine animale o vegetale similmente asciutte, per esempio le ossa, i gusci delle uova e delle ostriche, il cuojo; i mattoni asciutti, molte pietre ben secche; sempre però di secchezza acquistata naturalmente. Di tali sostanze quelle che son solide, quando sieno state seccate artificialmente, possono godere d'una assai più perfetta facoltà isolante, specialmente se sieno state bollite nell'olio o nella cera o nello zolfo o in altra simile sostanza coibente liquefatta, colla quale operazione viene impedita la penetrazione dell'umidità; in particolare è assai isolante il legno fatto seccare unto d'olio nel forno. Ma nel loro stato naturale, che è quello che qui si contempla, sogliono sempre contenere qualche poco di umidità, la quale agevola il passaggio all'elettricità.

Vengono quindi l'aria umida, le superficie de' coibenti anche di buona qualità, p. e. del vetro, state esposte all'aria umida, le stoffe di lino e di canape poco secche, la carta, la terra ordinaria de' campi, il marmo, similmente poco secchi, ec.; sostanze tutte che si possono chiamare *imperfetti conduttori* (2). In generale l'umidità, o disseminata nell'interno dei corpi o deposta in un sottil velo superficiale, fa che ne sia più o men

(1) Cavallo, *Trattato completo di Elettricità*. Firenze, 1779, p. 411.

(2) Chiamano i Fisici promiscuamente ora *semi-coibenti* ed ora *conduttori imperfetti* que' corpi che stanno di mezzo fra i coibenti e i conduttori. Senza oppormi a cotale libertà, io proporrei piuttosto il primo termine per quelli fra essi corpi che sono più vicini ai buoni coibenti, e piuttosto il secondo per quelli più vicini ai buoni conduttori.

grande la facoltà conduttrice. Il che è degnissimo di avvertenza, essendochè da questa influenza dell'umidità dipende assaissimo l'esito delle sperienze elettriche: i tempi umidissimi infatti sono ad esse del tutto inopportuni, giacchè allora nessun corpo si mostra idioelettrico nè buon coibente; opportunissimi in vece sono i tempi molto asciutti, ne' quali i più de' corpi sono atti a dar vivi segni di elettricità e a conservarli durevolmente. Alcuni corpi sono più soggetti degli altri a ricevere umidità dall'aria; tal è, p. e., la superficie del vetro, il quale perciò si suol rivestire di cera lacca o di gomma lacca o di vernice copal, quando si voglia difendere dalla deposizione del velo umido. Ella è però l'umidità *libera*, sia superficiale sia interposta fra le molecole, quella che necessariamente rende conduttori i corpi; giacchè l'acqua combinata, p. e. quella di cristallizzazione de' sali, può lasciarli isolanti (*).

Molto più conduttrice è l'acqua nel suo stato di liquidità, anche quando è pura, essendolo però assai più quando vi si trova sciolto qualche alcali o acido o sale (quantunque gli alcali e i sali privati d'acqua non sieno conduttori); son pure migliori dell'acqua pura, per lasciar passaggio all'elettricità, le sostanze vegetali verdi, e più ancora le parti animali viventi o almeno ancor fresche. Ancor migliori sono i carboni, de' quali però non tutte le qualità sono egualmente conduttrici, ma tanto più il sono quanto meglio sono state carbonizzate; e tutti questi noi li possiamo chiamare *perfetti conduttori.* Sono infine conduttori ottimi o *perfettissimi* i metalli, fra i quali nulladimeno vi hanno delle differenze; p. e. il platino è meno conduttore del rame.

Molte altre cose rimangono a dirsi intorno al modo di prestarsi dei corpi al passaggio dell'elettricità, ma

(*) Gehler's *Physikalisches Wörterbuch neu bearbeitet*, art. *Leiter*, p. 188.

le riserbo a uno de' capitoli riguardanti la *propagazione del fluido elettrico.* Solo aggiungerò qui alcuni cenni su parecchie particolarità, delle quali ci sarà presto utile la cognizione.

853. Osserverò adunque che i corpi coibenti godono tanto meglio di questa loro facoltà quanto più sono freddi, semprechè però la bassa temperatura non determini un assorbimento o una precipitazione superficiale di umidità. Il vetro comune che alle temperature ordinarie è un ottimo coibente, divien conduttore se si fa arroventare. La cera lacca, la gomma lacca, lo zolfo venendo fusi o anche soltanto ammolliti, si lasciano attraversare dall' elettricità, benchè gli oppongano una grande difficoltà quando sono freddi. Il ghiaccio alle temperature vicine a 0.° R. è un mediocre conduttore, e a — 20° R. è un perfetto isolante.

L'aria molto calda è conduttrice anche essendo asciutta. Così accostando un ferro rovente a un corpo elettrizzato, toglie a questo l' elettricità molto prima di venire seco lui a contatto (*). La fiamma lascia un assai facile passaggio all' elettricità, sì pel vapore acqueo che contiene, come anche in grazia della sua alta temperatura. In generale si crede che tutti i corpi coibenti possano divenire conduttori coll' essere sufficientemente scaldati, e che molti conduttori col venir raffreddati possano rendersi coibenti.

Convien però avvertire che un leggiero riscaldamento, togliendo dai corpi l' umidità, può anzi per questa ragione renderli più isolanti.

Non fa così il calore co' metalli; ma di essi diremo altrove.

854. Aggiungerò in secondo luogo che una forte intensione favorisce il passaggio all' elettricità. Il vetro comune, p. e., che alle temperature ordinarie non si lascia minimamente attraversare da una debole elettri-

(*) Priestley, *Histoire* ec. I, 229.

cità, vedremo a suo tempo che lascia il passaggio ad una molto forte, però in generale spezzandosi, come si osserva nelle *Bocce di Leida* eccessivamente cariche.

855. Che alcuni corpi sieno idonei a dare il passaggio all' elettricità e altri ad impedirlo, è un fatto di cui deesi la scoperta ai due Fisici inglesi Grey e Wheeler. Cominciò il primo di questi nel 1727 a scoprire da se solo la esistenza della facoltà conduttrice. Avendo egli elettrizzato collo strofinamento un tubo di vetro aperto da ambe le estremità, volle provare d'ottener i medesimi effetti chiudendo il tubo da una estremità mediante un turacciolo di sughero: la scienza in fatti era a que' tempi sì bambina, che il tutto si provava a tentone. Ora nel far la sperienza Grey s'avvide con suo grande stupore che anche il sughero era divenuto elettrizzato, il che esso non fa giammai quando è strofinato direttamente. Un bastone metallico piantato nel turacciolo diè segni anch'esso di elettricità, e così pure un altro bastone più lungo; nè il dotto osservatore si stancava dal ripetere ed estendere siffatte curiose sperienze. Veggendo di non poter più nel suo gabinetto aggiungere al turacciolo altri bastoni più lunghi, salì al primo piano della sua abitazione e sospese al suo tubo di vetro un filo metallico che giungeva fin presso a terra; e strofinato il tubo, intanto che un compagno presentava de' corpi leggieri alla inferiore estremità del filo, anche questi (mirabil cosa!) venivano vivamente attratti. Si ripetè l'esperienza al secondo e al terzo piano, e sempre collo stesso esito. Si variarono le prove, per trasportare l'elettricità a distanze maggiori, e per provare degli altri fili diversi dai metallici e in ispecie delle funi di canape; e se n'ebbero ancora de' somiglianti risultamenti. Donde si conchiuse che la virtù elettrica può propagarsi attraverso al sughero, ai metalli, al canape fino ad assai grandi distanze.

Non erasi però ancora posta attenzione alla grande diversità che vi ha fra un corpo e l'altro nel prestarsi a questa propagazione. Al che si venne nel 1729 dallo stesso Grey in compagnia di Wheeler nel modo seguente. Supponendo questi due Fisici che tutti i corpi sieno ugualmente atti a trasmettere la virtù elettrica, pensarono di propagarla ad una grande distanza mediante un lungo spago di canape teso orizzontalmente lungo una grande galleria. Attaccarono perciò questo spago dall'un capo a un tubo di vetro che essi elettrizzavano per istrofinamento, e dall'altro capo il fecero passare sopra un filo di seta teso orizzontalmente per traverso, donde scendeva quindi verticalmente per alcuni piedi portando una palla d'avorio all'estremità; nè temevano essi che il filo di seta avesse a rubare gran copia dell'elettricità che vi arrivava, stante la sua grande sottigliezza a paragone dello spago. Mentre adunque un di loro strofinava il tubo, l'altro scorgeva che una fina piuma collocata sotto la palla si alzava da se fino a toccarla, e quindi ne veniva respinta. Ma nel variare in diversi modi la sperienza il filo di seta si ruppe; per rimediare al quale incidente i due Fisici sostituirono un sottil filo di ottone, dal quale speravano un migliore esito, siccome più robusto: ma con sorpresa videro svanito ogni fenomeno, e da ciò s'accorsero che il filo metallico non solo propagava meglio l'elettricità che il filo di seta, ma che il faceva non meno bene dello spago che era assai più grosso; e che se la seta non serviva egualmente a cotale propagazione, ciò dipendeva dalla sua particolare natura (*).

(*) Priestley, *Histoire*, t. I, pag. 50 e seg.

Distinzione delle due specie di elettricità.

856. Prepariamoci una numerosa serie di corpi idioelettrici: ambra gialla, diamante, cera lacca, pelle di gatto, vetro, ec. Indi prendiamo due pallette di midollo di sambuco, sospese entrambe a un filo di seta e perciò isolate. Appressiamo all'una di esse un cilindro di vetro liscio stato ben asciugato al fuoco e quindi strofinato con un pezzo di pannolano; vedremo questa palletta venir prima attratta fino al di lui contatto, e quindi, dopo che come conduttrice avrà ricevuto parte della di lui elettricità, venirne respinta. Appressiamo all'altra palletta un bastone di cera lacca similmente bene asciugato e quindi strofinato col medesimo pezzo di lana; vedremo che anch'essa seconda palletta sarà attratta fino al contatto e poi respinta. Così preparate le due pallette, e supposto che l'aria sia bastantemente asciutta e coibente perch'esse pallette non abbiano a perdere le proprietà elettriche acquistate, strofiniamo gli altri diversi corpi col suddetto pezzo di lana o con altri corpi qualunque, e quindi presentiamoli successivamente alle due pallette. Vedremo che alcuni di essi respingeranno la prima palletta ed attrarranno la seconda; così faranno, per esempio, il diamante e la pelle di gatto strofinati colla detta lana; così farà il vetro stesso che ha servito al toccamento; e così farà anche una palla isolata di midollo di sambuco o un altro isolato conduttore che abbia toccato questo vetro strofinato. Altri corpi in vece, come lo zolfo, l'ambra gialla, ec., e fra essi anche la cera lacca, e i conduttori isolati che l'hanno toccata, respingeranno la seconda palletta, ma attrarranno la prima. Da ciò si traggono due importanti conseguenze, cioè:

1.° *Che vi sono due diverse specie di elettricità*, l'una analoga a quella del vetro strofinato colla lana,

l'altra a quella della cera lacca strofinata similmente colla lana, delle quali due specie tutti i corpi strofinati che sieno atti a mostrare le proprietà elettriche, assumono o l'una o l'altra;

2.° *Che i corpi similmente elettrizzati si respingono,* come il vetro strofinato fa colla prima delle suddette pallette dopo averla toccata, e come la cera lacca strofinata fa colla seconda palletta dopo averla similmente toccata; *e i corpi diversamente elettrizzati si attraggono,* come fa il vetro strofinato colla palletta toccata dalla cera lacca, e come fa la cera lacca colla palletta toccata dal vetro.

Da' suddetti fatti appare altresì che i corpi che si elettrizzano per comunicazione di contatto, prendono quella medesima specie di elettricità che è posseduta da quelli donde la ricevono; come pure che un corpo il quale sia conduttore per l'una specie di elettricità, lo è pure per l'altra.

Le suddette due fondamentali e importantissime verità si possono confermare in molte altre maniere. Una può essere quella di prendere tante pallette di midollo di sambuco sospese a fili di seta, quanti sono i corpi che si vogliono cimentare, strofinare questi corpi con una stoffa di lana, e quindi accostare ciascuno d'essi ad una particolare palletta. Si trova che tutti questi corpi separatamente provati, dopo attratta la loro palletta, la respingono. Inoltre si osserva che la palletta toccata dal vetro, quella toccata dal diamante, e molte altre si respingono tutte fra loro; che similmente si respingono tutte fra loro le pallette toccate dalla cera lacca, dalla seta, e le rimanenti; ma che però fra una qualsivoglia delle prime pallette e una qualsivoglia delle seconde vi ha attrazione.

Questa distinzione delle due specie di elettricità fu scoperta primieramente dal francese Dufay nel 1733, il quale le denominò *elettricità vitrea* ed *elettricità resinosa*, appellando cioè *vitrea* quella del vetro stro-

finato colla lana, siccome quella che suole comunemente presentarsi nel vetro strofinato colle stoffe e con molti altri corpi; e *resinosa* quella mostrata dalla cera lacca pure strofinata colla lana, essendo quella che sogliono per lo più acquistare collo strofinamento le sostanze resinose, p. e. la gomma lacca, la cera lacca, la colofonia, ec.

857. Per riconoscere se un dato corpo idioelettrico strofinato con qualche altro corpo acquisti l'elettricità vitrea ovvero la resinosa, serve un *pendolo elettrico isolato*, cioè una delle anzidette pallette di midollo di sambuco appese a sottili fili di seta, ovvero un fiocchetto di cotone appeso a un somigliante filo. Dopo avere strofinato il corpo che si vuol cimentare, lo si fa toccare con tale palletta o fiocco, e quindi si avvicina a questi un bastone di cera lacca strofinato: se noi veggiam ripulsione fra questo e il pendolo, avremo in esso pendolo e quindi anche nel corpo cimentato la elettricità resinosa; se attrazione, avremo l'elettricità vitrea.

In luogo del bastone di cera lacca, può servire un tubo di vetro per metà nudo e per metà rivestito di cera lacca. La parte ricoperta acquista mediante lo strofinamento con un pezzo di lana la elettricità resinosa, la parte nuda, quando sia abbastanza asciutta, dà segni di elettricità vitrea. Con questo strumentino, appellato il *Cannello assaggiatore*, noi possiam riconoscere agevolissimamente, se un pendolino isolato stato toccato da un corpo elettrizzato possegga la elettricità vitrea o la resinosa: vi avrà elettricità vitrea se il pendolino verrà respinto dalla parte nuda del cannello e attratto da quella rivestita; vi sarà elettricità resinosa se si avranno i segni contrarii.

Può servire utilmente a quest'uopo l'Elettroscopio di Haüy già menzionato, il quale però nel presente caso dev'essere isolato, avendo, p. e., la punta d'acciajo fermata su d'un bastoncino di vetro invernicia-

to. Si prepara questo strumento bello e elettrizzato, mediante uno o più toccamenti col vetro o colla cera lacca strofinati; avvicinandogli dipoi altri corpi idioelettrici strofinati, attraggono questi ovvero respingono la estremità più vicina, secondo che hanno elettricità contraria ovvero analoga a quella dello strumento. Giova aver due di siffatti Elettroscopii isolati, e prepararseli elettrizzati l'uno in più e l'altro in meno: perocchè uno solo, il quale venisse attratto da un corpo elettrizzato, potrebbe lasciarci in incertezza, non essendo sempre indizii sicuri le attrazioni elettriche, come vedremo in altro luogo, bensì le ripulsioni. Oltre a che, come vedemmo al § 847, giova averne un terzo non isolato, il quale serva a manifestare l'esistenza dell'elettricità.

Può bastare all'uopo di cui parliamo anche un semplice filo di seta asciutto, passato a contatto d'un pezzo strofinato di cera lacca, e quindi appeso da un capo. Conserva questo filo la acquistata elettricità resinosa per un tempo notabile, ed è respinto o attratto dagli altri corpi elettrizzati secondo che questi hanno un'elettricità simile, ovvero diversa dalla sua.

Però il metodo più comodo e più sicuro è quello dell'*Elettroscopio di Bohnenberger* (*). Consiste questo strumento (fig. 4) in due *pile a secco* A e B (vedremo molto più innanzi come queste sieno formate) collocate verticalmente a modo di due colonnette, capaci d'essere avvicinate più o meno per mezzo delle due verghette *a*, *b*, e munite superiormente di due appendici metalliche *c*, *d* ricurvate all'ingiù in forma di due lamine piane affacciate, con frammezzo una listerella di foglia d'oro collocata parallelamente alle dette appendici e appesa all'inferiore estremità di una asticciuola metallica *ef*, la quale coll'altra estremità terminante in una palla metallica esce dal collo d'una

(*) Gehler's *Physik. Wörterb. neu bearb.* art. *Elektricität*, p. 242; art. *Elektrometer*, p. 671.

bottiglia ove sta difeso dall'aria tutto l'apparecchio. Posto a contatto o anche semplicemente avvicinato un corpo elettrizzato a questa parte esterna dell'asticciuola metallica, la foglia d'oro si muove verso l'una o verso l'altra delle dette appendici metalliche, secondo che l'elettricità del corpo è vitrea ovvero resinosa, e rimane immobile quando il corpo accostato non si trova elettrizzato. Daremo più innanzi una più compiuta nozione di questo strumento. Qui basterà l'avere indicato il modo di adoperarlo; e il lettore si contenti per ora dell'esperienza onde assicurarsi della veracità delle sue indicazioni (*).

Delle ipotesi immaginate per ispiegare i fenomeni elettrici, e specialmente dell'ipotesi di Franklin.

858. Per ispiegare i fenomeni precedenti e tutti gli altri che riguardano l'elettricità sonosi dai Fisici immaginate più ipotesi, fra le quali però due sole se ne conoscono al presente che sieno atte a dar piena ragione de' fenomeni medesimi. L'una è quella di un *fluido unico* stata immaginata primamente da Franklin, e in appresso adottata da Beccaria, Epino, Cavendish, Cavallo, Volta, ed ora in vigore pressochè in tutte le scuole d'Italia. L'altra è quella *de' due fluidi* proposta già dall'inglese Symmer, quindi adottata da Coulomb, e in seguito da quasi tutti i Fisici Francesi. Riescono queste entrambe a spiegare in un modo felicissimo la massima parte dei fatti conosciuti; e se alcuno di questi pare doversi eccettuare, ella è piuttosto una oscurità o difficoltà quella che si incontra, anzichè una decisa contraddizione. Ond'è che i Fisici non hanno ancora potuto discernere qual d'esse sia

(*) Io ne posseggo uno costrutto dal sig. Eustachio Orlandi macchinista dell'I. R. Liceo di Verona, e mi trovo assai soddisfatto della sua bontà.

la prima. Siccome però la prima è più facile a concepirsi e più comoda a maneggiarsi, e in Italia è più generalmente conosciuta, così nel presente Trattato noi seguiremo questa, riguardandola però soltanto come una felicissima ipotesi, e senza punto decidere se realmente ella mostri il vero modo di operare della natura.

Ipotesi di Franklin. Suppone adunque Franklin che in tutti i corpi della natura si contenga una quantità più o meno grande di una particolare sostanza fluida, priva sensibilmente di peso, mobilissima entro diversi particolari corpi cioè ne' *buoni conduttori*, appellata *Fluido elettrico* o semplicemente *Elettrico;* la quale allorquando si trova contenuta in un corpo in una certa determinata dose, non gli fa presentare nessuno de' fenomeni elettrici; ma quando vi si contiene in una copia maggiore o minore di una siffatta dose determinata, fa che esso corpo manifesti i fenomeni o dell'una specie di elettricità o dell' altra.

La suddetta determinata dose d' elettrico si suol chiamare la *dose naturale* o la *quantità naturale* d'elettrico di quel corpo, o anche l'*elettrico naturale* o il *fluido naturale* del corpo medesimo; e questo, quando la possiede, si dice essere allo *stato naturale.* Può forse ella, a parità di masse, essere diversa secondo la natura particolare dei corpi; e può per avventura la sua presenza essere la causa di qualcuna importantissima fra le conosciute proprietà de' corpi; ma su ciò nulla si sa di sicuro.

Quando i corpi hanno una quantità d' elettrico maggiore della dose naturale, si dicono elettrizzati *per eccesso*, o *in più*, o *positivamente.* Si reputano tali i corpi ne' quali si è eccitata la elettricità *vitrea:* quando, p. e., viene strofinato un pezzo di vetro liscio con della lana, si suppone dai Frankliniani che quest'ultima ceda al vetro una parte del suo fluido naturale, e che il vetro si elettrizzi positivamente.

Quando in vece i corpi hanno una quantità d'elettrico minore della dose naturale, si dicono elettrizzati *in meno*, o *per difetto*, o *negativamente;* e tali si reputano i corpi che hanno acquistata l'elettricità *resinosa*, supponendosi che questi, allorquando sono stati elettrizzati, abbiano comunicato ad altri una parte della propria natural dose d'elettrico. Vedremo in breve, cioè quando parleremo della Macchina elettrica, una delle ragioni dalle quali pare che la elettricità *per eccesso* sia piuttosto la vitrea che la resinosa.

La facoltà che hanno i corpi conduttori di trasmettere le due elettricità si fa dipendere dalla facilità con cui si prestano a lasciar passare il fluido elettrico, sì allorquando trovandosi accumulato in alcuni corpi cerca di diffondersi e di portarsi sugli altri che stanno d'intorno, come altresì allorquando tende a rimettere allo stato naturale i corpi che sono elettrizzati in meno, accorrendo verso di essi dai corpi circostanti.

859. Fra le proprietà che si è trovato necessario di attribuire a questo fluido, affin di dare una compiuta spiegazione de' fenomeni, le più generali sono:

1.ª Una tendenza delle sue parti al vicendevole allontanamento.

2.ª Una tendenza di esso ad avvicinarsi alla materia pesante che ne sia spoglia.

Queste due tendenze non si manifestano verso i corpi che sono allo stato naturale; ma una molecola d'elettrico che si trovi vicina a uno di questi corpi, sente ugualmente forti le due tendenze contrarie, quella cioè che sollecita essa molecola ad avvicinarsi alla materia di esso corpo considerata separatamente dal suo elettrico, e quella che la sollecita ad allontanarsi dall'elettrico contenuto nel corpo stesso; ond'è che una tale molecola quantunque avesse piena libertà di muoversi, non tenderebbe nè ad avvicinarsi nè ad allontanarsi da quel corpo. Se esso corpo fosse elettrizzato in più, prevarrebbe in quella molecola la ten-

denza ad allontanarsi dal di lui fluido elettrico; e se fosse elettrizzato in meno, prevarrebbe la tendenza ad avvicinarsi alla di lui materia pesante.

Uno degli effetti della prima di queste tendenze si è, che trovandosi in un corpo conduttore del fluido sovrabbondante, questo si diffonde in tutti gli altri corpi conduttori che gli si pongono a contatto. E uno degli effetti della seconda è, che un conduttore elettrizzato in meno trae a se e toglie elettrico a tutti gli altri conduttori che gli sono posti a contatto, affine di rifarsi, almeno in parte, della sua mancanza.

Queste due proprietà servono a dar ragione di un grandissimo numero di fenomeni che il fluido elettrico manifesta in se stesso, sia ch'egli si muova, sia ch'egli si trovi in equilibrio. Per ispiegare però anche i movimenti ch'esso produce o tende a produrre ne' corpi stessi ove è contenuto, si debbono altresì aggiungere:

3.ª Una tendenza della materia pesante spoglia d'elettrico ad avvicinarsi all'elettrico.

4.ª Una tendenza all'allontanamento vicendevole fra le parti della materia pesante spoglia d'elettrico.

Per quella legge stabilita da Newton che *ad ogni azione corrisponde una reazione eguale e contraria*, la terza di queste tendenze è una necessaria conseguenza della seconda; giacchè se una data quantità di elettrico tende verso una data quantità di materia pesante priva di elettrico, deve questa a vicenda tendere verso quella; anzi le due tendenze debbono essere ugualmente forti.

Sull'essenza di tutte e quattro queste tendenze, due proprie dell'elettrico e due della materia pesante, nulla asseriremo per ora, riserbandoci a farvi qualche considerazione nel Capo VII. E quando, per indicare con brevità cotali tendenze, noi diremo che una data massa o d'elettrico o di materia pesante spoglia d'elettrico viene *attratta* o *respinta* da un'altra data massa o dell'una o dell'altra specie, od anche che

questa seconda massa *attrae* o *respinge* la prima, non si vorrà significare altro se non che la seconda massa colla sua presenza in qualche luogo è occasione che la prima tenda ad avvicinarsi o ad allontanarsi da quel luogo, senza pretendere che quella induca una tale tendenza per mezzo di un' azione che emani da essa.

Più innanzi ci sarà necessario d' aggiungere qualche altra proprietà, p. e. quando ci occuperemo delle vicendevoli azioni delle correnti elettriche; ma ne parleremo quando ce ne occorrerà il bisogno.

860. Dalla spiegazione soddisfacentissima di tutti i fenomeni che andremo esponendo nel corso di questo Trattato, noi vedremo chiaramente quanto una tale ipotesi sia felice. Noi cominceremo colla sua scorta a spiegare alcuni fatti, a compimento delle cose dichiarate precedentemente, i quali fatti riusciranno ora chiarissimi.

Se si strofinano insieme due corpi coibenti, o uno coibente con uno conduttore isolato, ovvero due conduttori entrambi isolati, si osserva che essi prendono sempre elettricità contrarie, di maniera che se l'un d'essi acquista un'elettricità simile a quella del vetro liscio strofinato colla lana, l' altro mostra la stessa elettricità della cera lacca pure strofinata colla lana. Lo si può provare involgendo una delle estremità di un inverniciato bastone di vetro con della lana o con della seta o con della carta comune, ec., strofinando questo involto con un bastone di cera lacca, o con un simile involto di un'altra diversa delle anzidette sostanze, e cimentando quindi i due corpi strofinati o col *pendolo elettrico isolato* o col filo di seta elettrizzato o con altro dei mezzi suggeriti al § 857. E la cosa non può avvenire diversamente secondo l'ipotesi di Franklin; giacchè se l' uno de' due corpi si elettrizza in più, è necessario che egli riceva una parte del fluido naturale dell' altro, e renda questo elettrizzato in meno.

Lo stesso si osserva anche negli altri processi diversi dallo strofinamento, coi quali noi possiamo elettrizzare i corpi; allorquando con uno di questi processi viene a elettrizzarsi in più o tutto un corpo o almeno una sua parte, si trova, operando colle debite precauzioni, che o un altro corpo o un'altra parte del corpo medesimo si elettrizza in meno.

Può accadere che due corpi conduttori isolati e dotati di elettricità contrarie, col toccarsi tornino entrambi allo stato naturale. Ne è cagione, secondo l'ipotesi di Franklin, l'avere l'un d'essi tanto eccesso di fluido elettrico quanto difetto ha l'altro, onde avviene che nel loro mutuo toccamento la quantità eccedente dell'uno va a compensare compiutamente la mancanza dell'altro. Quando ne' suddetti due corpi conduttori diversamente elettrizzati l'eccesso non eguagli il difetto, non avverrà compiuta distruzione delle due elettricità, ma quella di esse che è eccedente farà scomparire l'altra, e poscia fra i due corpi si ripartirà il sovrappiù dell'eccesso o del difetto.

861. *Ipotesi di Symmer.* Consiste questa nella supposizione che vi abbiano in tutti i corpi due particolari fluidi, aventi in comune le proprietà di essere mobilissimi e senza peso sensibile, e le parti di ciascun de' quali separatamente considerate si repellano fra se medesime, ma attraggano quelle del fluido dell'altra specie. Allorquando questi due fluidi si trovano uniti insieme in un corpo secondo una certa proporzione, non danno alcun segno della loro esistenza (segno almeno di natura elettrica), ma l'un fluido maschera e occulta la presenza dell'altro, e in questo caso il corpo si dice allo *stato naturale;* quando però l'uno o l'altro di essi eccede da questa proporzione, allora si hanno i segni particolari dell'una specie di elettricità ovvero dell'altra. Uno di tali fluidi, quello cioè che secondo una siffatta dottrina si rende eccedente nel vetro liscio strofinato col panno, ossia che è causa dell'elettricità vitrea, si chiama *fluido vitreo*, o anche *fluido positivo;* l'altro che collo strofinamento si rende eccedente nella cera lacca e che è

causa dell'elettricità resinosa, si denomina fluido *resinoso* o *negativo*. Secondo questa dottrina lo elettrizzarsi dei corpi consiste nella separazione o decomposizione di una parte del fluido combinato che sempre in essi si trova; mediante la quale separazione, se si tratta, p. e., dell'elettricità vitrea, viene il corpo ad acquistare da un altro una nuova quantità di fluido vitreo, o a comunicare a questo una parte del proprio fluido resinoso, o a fare simultaneamente acquisto del primo e perdita del secondo. I fenomeni si spiegano egualmente bene anche in quest'altra ipotesi; e fra i Fisici è ancora affatto indecisa la questione, se piuttosto quest'ultima sia la vera o piuttosto la precedente.

862. *Dell'ipotesi che considera le due elettricità siccome forze inerenti alla materia.* Diversi Fisici, fra i quali Oersted (1) e Fusinieri (2), credono che i fenomeni elettrici non si debbano attribuire a nessun fluido particolare, ma che essi dipendano dalle sole forze inerenti alla materia pesante, eccitate col mezzo di particolari processi. Però queste idee, quantunque non disprezzabili, non sono finora state, a quello che io sappia, sì precisate ne' loro fondamenti, nè si sviluppate nelle lor conseguenze, da poter servire alla spiegazione de' fenomeni colla stessa facilità come le ipotesi già esposte. Tralascio di far parola di altre ipotesi, quali sarebbero quelle di Nollet e di Deluc, perchè meno probabili e da tutti già abbandonate.

Ma non sarebbe meglio starsene ai soli fatti, senza curar di spiegarli con delle ipotesi, giacchè di nessuna di queste si è sicuri che sia vera? A chi così opinasse io consiglierei di far una prova del suo pensiero anche ne' soli due o tre primi Capitoli del presente Trattato. Egli vedrebbe le nozioni de' fenomeni divenire molto più astratte ed oscure, e i fenomeni stessi rendersi assai slegati l'un dall'altro, anzi assai slegate le diverse particolarità di un fenomeno medesimo, e farsi perciò difficilissimo e fors' anche impossibile il bene apprendere la scienza.

(1) Gehler's *Phys. Wört.* art. *Elektricität*, pag. 369.
(2) *Giornale di Fisica di Pavia*, an. 1825, p. 460, e altrove.

Cenni sulle diverse sorgenti dell' Elettricità, e nozioni più particolarizzate sullo sviluppo di essa per mezzo dello sfregamento.

863. Per isviluppare l'elettricità ne' corpi sonosi trovate diverse maniere, le quali nello stato attuale della scienza si possono ridurre alle dieci seguenti:

1. Lo sfregamento;
2. Il contatto de' corpi eterogenei;
3. La pressione;
4. La separazione de' corpi aderenti;
5. Le azioni chimiche;
6. L'azione del calorico;
7. L'azione del magnetismo;
8. L'azione dell'elettricità di altri corpi;
9. Certe funzioni di alcuni animali;
10. Certe funzioni de' vegetabili.

Con uno qualsivoglia di questi mezzi opportunamente adoperato si può eccitare ne' corpi l'elettricità, ossia, incominciando fin d'ora ad usare definitivamente l'ipotesi di Franklin, si può smuovere il fluido elettrico dal proprio luogo e determinarlo a portarsi in un altro luogo o del medesimo corpo o di un altro diverso, riducendo così il primo de' suddetti luoghi ad avere elettricità in meno e il secondo ad averne in più. Potranno forse col tempo trovarsi coincidenti parecchie di queste maniere, e all'incontro potranno ad esse aggiungersene altre nuove; ma di ciò lasceremo la cura ai tempi avvenire.

Fra tutte queste lo *strofinamento* è la sorgente più ovvia, quella che si è trovata per la prima, e quella che viene impiegata nella più parte delle sperienze che si descriveranno ne' prossimi Capitoli. Noi perciò ce ne occuperemo qui con qualche estensione. Delle altre parleremo con maggiore opportunità più innanzi, esigendosi alla loro intelligenza cognizioni più inoltrate.

864. *Dello sviluppo dell'Elettricità mediante lo sfregamento.* Ha mostrato da gran tempo la sperienza che allorquando si strofinano insieme due corpi i quali abbiano qualche diversità o nella natura chimica o nelle qualità della superficie, o i quali soltanto vengano adoperati diversamente l'un dall'altro nell'essere strofinati, passa in generale una quantità più o men grande di fluido elettrico dall'uno all'altro, di maniera che l'un d'essi, quando sia coibente o conduttore isolato, viene a mostrarsi elettrizzato in meno, e l'altro, quando sia similmente coibente o conduttore isolato, si mostra elettrizzato in più.

Perchè meglio si ottenga elettricità con questo mezzo, giova che i corpi strofinati sieno bene asciutti; l'umido infatti rendendo conduttori i corpi strofinati fa dissipare dagli uni di essi quell'elettrico che collo strofinamento vi si va accumulando, e fa che agli altri venga compensato quell'elettrico che con lo strofinamento medesimo si va loro togliendo. Oltracciò io stimo che l'umidità renda meno eterogenee fra loro le superficie de' corpi che vicendevolmente si strofinano, e faccia che si sviluppi meno elettricità. E l'avvertenza è sì importante, che un ottimo idioelettrico, quale sarebbe il vetro, diventa pessimo se appena sia rivestito di un sottilissimo strato umido (§ 852).

Sono poi facilissimi i corpi idioelettrici bene asciutti ad elettrizzarsi per mezzo dello strofinamento. I fili di gomma lacca ottenuti colla fusione, appena toccati colle dita, sono già elettrizzati. Lo stesso è della cera lacca, della colofonia, dello zolfo, e d'altre simili sostanze, fatte fondere e di poi solidificare di nuovo: queste venendo toccate o colla mano o con una carta o con altri corpi, mentre sono ancora calde o dopo appena fredde, danno immediatamente segni di elettricità; il che, come avverte il Beccaria, è stato causa che alcuni riguardassero erroneamente come sorgente

di elettricità anche il solidificarsi dei corpi (1). Strofinando colla mano nell' oscurità il dorso di un gatto vivente, veggonsi delle scintillette che sono date dai peli elettrizzatisi in più. Si è osservato un tale fenomeno anche strigliando i cavalli, e perfino nel pettinare i capelli umani. Così pure gli abiti di lana talvolta si cavano elettrizzati, sino a dare delle scintille (2). La mano asciutta è assai atta ad elettrizzare i corpi isolanti collo strofinamento: alcuni vengono da essa elettrizzati in più, p. e. il vetro liscio, i peli del gatto, della lepre, ec.; ed altri in meno, p. e. il vetro ruvido, la seta, la ceralacca, ec.

Nè solo si ha elettricità dallo strofinamento de' corpi solidi fra loro, ma eziandio da quello de' solidi co' fluidi. Il vetro tuffato nel mercurio, e poscia estratto da esso, si trova elettrizzato in più: il che però non è da tacersi che potrebbe derivare dalla semplice separazione dell' uno dall' altro. E perfino l' aria passando accanto alla superficie de' corpi, li può alcun poco elettrizzare: una stoffa di seta, p. e., agitata velocemente in questo fluido prende una leggiera elettricità resinosa (3); lasciata entrare istantaneamente dell' aria in vasi dentro a cui si trovino delle sostanze coibenti, vi produce un leggier lampo che dal Beccaria si prova essere prodotto dall' elettricità (4); e da ciò sembra che riceva spiegazione il fatto che caricando un fucile pneumatico con aria polverosa, e quindi scaricato nell' oscurità, se ne ha una leggiera luce, a cui però non tanto contribuiscono le molecole dell' aria che si strofinano contro la canna, quanto le particelle galleggianti della minuta polvere (5).

È stato osservato fino dai primi tempi che allo svi-

(1) *Lettere sull' Elettricismo*, Bologna, 1758, § 469.
(2) Priestley, *Histoire* ec. I, 240, 241, 242, 243.
(3) Coulomb citato da Biot, *Traité de Physique*, t. II, p. 355.
(4) *Elettricismo artificiale*, p. 322, § 766 e seg.
(5) *An. Chim. Phys.* t. XXII, p. 436.

luppo dell' elettricità giova più uno strofinamento leggiero e veloce, anzichè uno lento ed accompagnato da forte pressione (1); donde pare che sieno le sole molecole più superficiali quelle che contribuiscono al fenomeno. A ciò si accordano alcune recenti sperienze di Péclet, dalle quali appare che l'aumentar della pressione non favorisce lo sviluppo dell' elettricità se non in alcuni corpi, e in questi soltanto fino a un certo punto, cioè insino a che ella procura un migliore contatto fra le parti strofinantisi (2). La grossezza similmente non influisce (3).

865. Non sanno ancora i Fisici quale sia la causa che determina il fluido elettrico ad abbandonare uno de' due corpi strofinati per portarsi nell'altro. Si conoscono solamente alcuni fatti, quali più generali e quali più particolari, intorno a diverse circostanze che influiscono a far prendere piuttosto l'una specie di elettricità o piuttosto l'altra; i quali fatti sonoci tutti stati svelati dalla sola sperienza. Noi ridurremo cotali circostanze alle seguenti; cioè alla *natura chimica*, alla *temperatura*, al *modo dello strofinamento*, alla *scabrezza*, al *colore*.

Cominciando dalla *natura chimica*, si è trovato dall' osservazione che alcune sostanze hanno tendenza ad acquistare, per mezzo dello strofinamento, piuttosto la elettricità negativa, ed altre piuttosto la positiva. Per esempio lo zolfo, la cera lacca, la seta tendono piuttosto a dare elettrico; il vetro liscio in vece, le pelli animali col loro pelo tendono piuttosto a riceverne.

Però la specie di elettricità che un corpo strofinato acquista non dipende soltanto dalla natura di esso,

(1) Priestley, *Histoire* ec. t. I, pag. 5 e 43.

(2) *Ann. Chim. Phys.* t. LVII, p. 361 e seg. L'osservazione che citiamo è tratta da un' assai pregevole memoria del detto Péclet, *intorno all' Elettricità prodotta dallo sfregamento. Ibid.* pag. 337 e seg.

(3) *Ibid.* pag. 388.

ma altresì, come è facile a prevedersi, dalla natura di quell'altro col quale si strofina. Di maniera che un medesimo corpo, strofinato successivamente con più altri, acquisterà dagli uni elettricità positiva e dagli altri elettricità negativa.

In questa comunicazione d'elettrico si osserva la particolarità che se di tre corpi A, B, C, il primo, cioè A, tende collo strofinamento a dare del suo elettrico al secondo B, mentre il B tende a darne al terzo C; venendo fatti strofinare insieme il primo A col terzo C, il primo dà elettrico al terzo (1). Ecco una serie di corpi, ciascuno de' quali si elettrizza in meno strofinato con quelli che il seguono, e in più con quelli che il precedono:

Zolfo,
Vetro privato del suo liscio,
Gomma lacca,
Seta,
Carta comune,
Legno,
Piume,
Stoffe di lana,
Vetro liscio,
Pelle di lepre,
Diamante,
Dorso d'un gatto vivente (2).

A facilitare l'intelligenza di ciò, si può ammettere che tutti i corpi essendo strofinati manifestino una certa tendenza a dare del proprio elettrico naturale, la quale tendenza però sia negli uni più forte e negli altri più debole; e ammettere che messi a conflitto due di essi corpi, si elettrizzi in meno quello ove la suddetta tendenza è più energica, e in più quello ove la detta tendenza è più debole (È però questa un'ipotesi gratuita, atta soltanto ad ajutare il concepimento del fatto; giacchè si potrebbe collo stesso diritto ragionare

(1) Gebler's *Phys. Wört.* art. *Elektricität*, p. 244, citando Ritter, il quale molto si occupò di questo argomento, ed espose i suoi ritrovamenti in una pregevole opera stampata a Lipsia nel 1805 col titolo: *Das elektrische System der Körper.*

(2) Cavallo, *Trattato* ec. pag. 31.

in modo opposto, e far tutto dipendere da una tendenza inegualmente forte a ricevere elettrico; lasceremo a chi verrà dopo noi il decidere della preferenza de' due modi).

Egli è poi soltanto lo strato più superficiale quello che influisce sulla specie di elettricità presa da un corpo che si strofini. Data al corpo una leggerissima mano di qualche vernice, e lasciatala asciugare, prende esso collo strofinamento la elettricità dovuta a quest' ultima; il vetro, p. e., inverniciato di gomma lacca ha tendenza a elettrizzarsi in meno.

Ben poche relazioni si conoscono finora fra la tendenza ad elettrizzarsi in più o in meno e le altre qualità fisiche e chimiche de' corpi. Si è però trovato che i corpi di aspetto vitreo, quelli cioè che alla trasparenza, alla lucidezza della superficie, alla frattura si assomigliano al vetro, hanno una tendenza alla elettricità positiva; tali sono il diamante, il cristallo di rocca, le gemme. Così pure si è osservato che la durezza induce tendenza all' elettricità positiva, e la tenerezza e la mollezza all'elettricità negativa. P. e. il diamante or ora menzionato ha una tendenza fortissima ad acquistare l'elettricità positiva; le pietre preziose si elettrizzano in più venendo strofinate col vetro del quale sono più dure; l'ambra gialla è più dura dello zolfo, e secolui strofinata si elettrizza in più (1). Si è altresì riconosciuto che gli ossidi de' metalli, come pure i loro sulfuri prendono elettricità negativa venendo strofinati co' metalli dai quali derivano (2). I metalli hanno piuttosto tendenza all'elettricità negativa (3); e di ciò si ha l'applicazione, che volendosi elettrizzare fortemente un cilindro di vetro mediante lo sfregamento, si usa uno strofinatojo di tela cerata rivestito di un' amalgama. Beccaria elettrizzava assai bene un disco di cristallo, facendolo girare in una situazione verticale con un segmento immerso in una massa di mercurio. Vi hanno però de' metalli che sogliono in vece per lo strofinamento elettrizzarsi in più;

(1) Gehler's *Phys. Wört.* art. *Elektricität*, p. 246.
(2) Becquerel negli *Ann. Chim. Phys.* t. XXXVIII, p. 121.
(3) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 63.

tali sono, secondo Haüy, lo zinco ed il bismuto (1): intorno a che sono da vedersi alcune considerazioni di De La Rive, che noi esporremo al § 871. Sempre però la specie di elettricità dipende moltissimo, come si è già detto, dalla natura de' corpi strofinanti.

866. Venendo in secondo luogo all'azione del *calore*, è stato notato da Bergman e confermato da Beccaria l'importante fatto che di due corpi della medesima natura, ma di temperatura differente, *suole elettrizzarsi in meno il più caldo, e in più il men caldo.* Si strofinino a freddo due bastoni di cera lacca, e si accosti quindi l'uno qualunque di essi all'Elettroscopio di Bohnenberger; non si vedrà in questo veruno indizio di elettricità, o al più qualche segno affatto debolissimo. Si scaldi questo bastone sulla fiamma della candela, lo si strofini di nuovo col suo compagno lasciato freddo, e si avranno da quello caldo de' segni vivaci di elettricità negativa. Si può fare la prova con due bastoni rivestiti di taffettà, e si ha lo stesso effetto. Si può farla con due di essi rivestiti di una stessa qualità di seta; e l'effetto è ancora il medesimo. Si potrebbe dire che il calore esalti in questi corpi la tendenza a dare elettrico.

È però da notare che alcuni metalli, lo *zinco* cioè, il *ferro* e l'*antimonio*, fanno eccezione a questa regola; p. e. di due pezzi di zinco, l'un caldo e l'altro freddo, lo strofinamento fa elettrizzare in più il caldo, in meno il freddo. I metalli rimanenti seguono la regola generale (2). Ma di ciò si dirà più ampiamente parlando de' *Fenomeni termoelettrici.*

Questa facoltà del calore di far inclinare all'elettricità negativa, molte volte si manifesta eziandio fra corpi di diversa natura. Mostrano in fatti le sperienze di Cou-

(2) *Traité élém. de Phys.* ec. t. I, pag. 400, ediz. 1821.
(2) Nobili, *Memorie ed osservazioni*, t. I, p. 84. Firenze, 1834.

lomb, che di due corpi i quali leggiermente si elettrizzino per istrofinamento, scaldato quello che dà segni positivi, spesse volte li muta in negativi. Così, fra gli altri casi, se si strofina una lista di lana bianca riscaldata contro un metallo ben liscio, si elettrizza essa in meno finchè è calda, e dà segni di elettricità positiva dopo che è divenuta fredda (1).

867. Per riguardo al *modo dello strofinamento*, egli è un fatto stato osservato primieramente da Bergman, e poscia confermato da Beccaria e da altri, che se si strofinano insieme due corpi o della medesima natura o di una natura molto somigliante, perde o cede elettrico quello di essi due, il quale con una stessa porzione della sua superficie scorre successivamente sopra diverse distinte parti dell' altro; o, in altri termini, quello le parti del quale soffrono uno strofinamento più forte (2). Se, come faceva Bergman, noi facciamo strisciare un nastro bianco secondo tutta la sua lunghezza contro una data parte di un altro simile nastro bianco, noi troviamo che quello si elettrizza in più e questo in meno. Beccaria verificò il fatto con due calze di seta nera, l' una delle quali egli avvolse e legò intorno ad un cilindro di vetro, e la elettrizzò in più movendo in giro il cilindro e premendovi contro la calza compagna. Estese quindi la prova a due calze bianche, a due liste di velluto nero, a due di velluto bianco, a due pelli di gatto, a due pezzi di cera lacca, a due lastre circolari di cristallo munite di manichi di cera lacca.

È probabilissimo che questo fatto sia una conseguenza del precedente. Quando, p. e., vien fatta girare la calzetta nera avvolta al cilindro, egli è chiaro che quella che si tiene immobile in mano si scalda di più, siccome quella ove il calore sviluppato dallo sfrega-

(1) Biot, *Traité de Physique*, t. II, pag. 356.
(2) Beccaria, *Elettr. art.* pag. 61.

mento si trova ripartito su più pochi punti; ora egli è affatto probabile che questa più elevata temperatura disponga la calzetta immobile a cedere elettrico a quella che gira.

Fece Bergman la seguente sperienza, in cui vennero cimentate contemporaneamente l'azione del calore e quella del modo dello strofinamento. Avendo disteso al di sopra della brace un nastro di seta bianca, fece strisciare per tutta la lunghezza di esso una particolar parte di un altro simile nastro, ma freddo. Ora quest' ultimo si elettrizzò in più; nel che parve che il calore comunicato dalla brace al nastro immobile abbia sorpassato il calore prodotto dallo strofinamento nel nastro messo in moto, per cui il primo nastro abbia dovuto cedere elettrico al secondo (1).

Vale la detta legge relativa al modo dello strofinamento anche per due corpi di natura non affatto identica, purchè molto somiglianti. Osservò, p. e., Beccaria che strofinando insieme due specie di peli animali, le quali fossero entrambe di alquanta finezza, quella di esse specie si elettrizzava in meno, la quale faceva con una sua data parte un maggior giro sull'altra.

Il sig. Becquerel fece alcune sperienze di questo genere sui metalli, facendo strisciare dei bottoni metallici sopra dischi della medesima natura de' bottoni; e ne ottenne effetti simili a quelli cagionati da una più elevata temperatura ne' bottoni suddetti, salvo una eccezione o due, dipendente, a mio avviso, da qualche irregolarità nelle sperienze, non bene schivata (2).

868. Passando alla natura della superficie, è stato osservato che i corpi *scabri* hanno una tendenza ad assumere preferibilmente l'elettricità negativa in confronto de' *lisci*. Abbiamo già notato al § 865 che

(1) Veggasi l'*Elettr. artif.* di Beccaria, a pag. 65.
(2) *Ann. Chim. Phys.* t. XXXVIII, p. 117.

il vetro liscio è uno de' corpi più idonei a ricevere elettricità dagli altri con cui venga strofinato, e che in vece il vetro medesimo quando è privato del suo liscio è uno de' corpi più atti a elettrizzarsi in meno collo stesso mezzo dello strofinamento. E se ne può fare sperienza con una canna di cristallo, metà della quale abbia il suo liscio naturale e metà sia stata smerigliata; stropicciandola per tutta la sua lunghezza colla mano asciutta, si trova che la metà ruvida si elettrizza in meno e la metà liscia in più. Presa una pelle animale munita del suo pelo, e preso altresì un pezzo d'una lana formata colla stessa sorta di peli, e quindi fatti strofinare insieme, tenendo la pelle co' peli rivolti verso la stoffa, si trova che la stoffa prende l'elettricità negativa; il che al certo nasce dall'essere essa stoffa più scabra, sì per la disposizione de' peli come anche per le lacerazioni che ciascun pelo può aver sofferto alla sua superficie nelle varie manipolazioni. Così pure se questa pelle e questa stoffa si fanno strofinare con altri corpi, la stoffa ha molto maggiore tendenza a elettrizzarsi in meno che non i peli della pelle (1). Se si strofinano insieme un pezzo di carta riscaldata e un pezzo di seta nera che sia ben tinta e nuova, quest' ultima si elettrizza in meno; se in vece questa seta nera è alquanto logora, si osserva esser la carta quella che si elettrizza in meno mediante il suddetto sfregamento: prevale nel primo caso la ruvidezza della seta a procurare elettricità negativa, nel secondo caso prevale il calore della carta (2).

I fatti or ora esposti si possono collegare co' precedenti, col riflettere che un corpo scabro, p. e. un vetro privato del suo liscio, venendo esaminato con un fortissimo microscopio, dee presentare come una moltitudine di monticelli aventi le sommità formate

(1) Coulomb citato da Biot, *Traité* ec. t. II, p. 356 e 357.
(2) *Ibid.* t. II, pag. 354.

da assai piccole porzioni di superficie. Ora nell'atto dello strofinamento queste sommità o piccole porzioni di superficie vengono a passare successivamente su tratti molto più estesi della superficie di altri corpi, a somiglianza della calzetta fissa di Beccaria strofinata contro l'altra simile messa in giro; e così queste sommità debbono concepire maggior calore che non i punti toccati degli altri corpi insieme strofinati, e farsi atte a cedere a questi del proprio elettrico (1). Un corpo liscio in vece soffre lo strofinamento in tratti di superficie molto più estesi, i quali perciò si scaldano meno, e tendono a elettrizzarsi in più.

869. Sembra che i metalli per riguardo a questa scabrezza facciano eccezione, parendo da alcune sperienze di Coulomb che questa qualità li renda non già più atti ad elettrizzarsi in meno, ma bensì ad elettrizzarsi in più. Un nastro di seta bianca o di lana similmente bianca venendo strofinato freddo con un metallo liscio mostrò elettricità positiva, e la mostrò negativa strofinato collo stesso metallo ma scabro; talchè quest' ultimo si elettrizzò in più. E similmente strofinato un nastro di seta bianca contro uno spigolo metallico (il quale spigolo per la sua prominenza fa da corpo scabro), si elettrizzò in meno (2).
Anche queste eccezioni però si possono far dipendere dalla medesima azione del calore. La scabrezza del metallo tende ad aumentare lo sviluppo del calore; ma siccome il metallo stesso è assai conduttore del calorico, così l'elevamento di temperatura pare che principalmente si debba effettuare sulla stoffa secolui strofinata.

870. L'ultima delle circostanze le quali abbiam detto avere influenza nell' elettricità eccitata collo sfregamento, si è il *colore*. Riguardo al che però si è soltanto osservato che il color nero nelle stoffe di

(1) Queste idee, più succintamente esposte, si possono vedere nel Gehler's *Phys. Wört.* all'art. *Elektricität*, p. 247.
(2) Coulomb, nel *Traité* ec. di Biot, t. II, pag. 355 e 356.

seta o di lana dà a queste una tendenza all'elettricità negativa, e il bianco in vece le rende più atte all'elettricità positiva. Così se si strofinano insieme due stoffe di seta, l'una bianca e l'altra nera, la prima si elettrizza in più e la seconda in meno. Sono celebri a questo riguardo le calze di Symmer. Avendo questi tenuto per qualche tempo su ciascuna gamba due calze di seta, una nera ed una bianca, nel levarsele trovò con suo stupore che la bianca era elettrizzata in più e la nera in meno (1). Beccaria soleva far uso di due nastri di seta, l'un bianco e l'altro nero, per distinguere la specie dell'elettricità posseduta da un corpo: strofinava insieme cotali due nastri, facendoli passare unitamente fra due dita insieme premute; e quindi giudicava elettrizzato in più un corpo quando attraeva il nastro nero e respingeva il bianco, ed elettrizzato in meno quando si comportava in modo contrario. Questo effetto del colore si palesa alle volte anche fra corpi di natura diversa. Una lista di carta secca e riscaldata dà elettricità alla seta bianca con cui siasi strofinata, e ne toglie alla nera (2). Una siffatta influenza del colore, per lo meno nella seta nera, pare che dipenda da un'asprezza cagionata dalla materia tingente, la quale in questo caso è la galla; giacchè anche la seta bianca, venendo imbevuta di decotto di galla, acquista la stessa proprietà di quella nera (3).

871. Egli è poi da avvertire che la specie dell'elettricità che prende un corpo strofinato con un altro dato varia talvolta per circostanze che affatto sfuggono all'occhio. Osserva Haüy esservi delle specie di pietre, delle quali alcuni pezzi mostrano una decisa tendenza all'elettricità positiva, ed altri all'aspetto esterno somigliantissimi mostrano in vece tendenza alla negativa. Anzi vi son pietre, di cui qualche

(1) Priestley, *Histoire* ec., II, 51 e seg.
(2) Coulomb citato da Biot, *Traité* ec., II, 354, 359.
(3) Gehler's *Physik. Wört.* art. *Elektricität*, p. 247.

pezzo cristallizzato strofinato da una delle facce si elettrizza in più, e strofinato da un'altra col medesimo corpo si elettrizza in meno, senza che l'occhio riconosca in queste due facce la minima differenza; tal è la pietra da esso Haüy appellata *Distene* e da altri *Cianite* (1). Strofinando insieme due lamine di vetro munite di un manico isolante, le quali non mostrino nessuna differenza apparente nella loro natura, si trova che l'una si elettrizza in più e l'altra in meno (2). Il fu prof. Resti Ferrari dissemi d'aver trovato che le pelli di gatto preparate, venendo strofinate dalla banda del pelo col vetro liscio, mostrano talora in certe parti o in certi modi di strofinamento una specie di elettricità, mentre strofinate in altre parti o in altri modi danno l'elettricità contraria.

Da alcune sperienze io trovo che le elettricità acquistate da due corpi insieme strofinati dipendono talvolta assai da un precedente strofinamento che l'un d'essi abbia sofferto con un terzo corpo. Avendo strofinato un pezzo di taffettà rovescio con un pezzo di rame, senza previo sfregamento con altri corpi, il rame si elettrizzò in più e il taffettà in meno; ma avendo fatto precedere uno strofinamento più volte ripetuto del taffettà colla mano, il taffettà stesso cimentato poscia col rame tolse elettrico a quest' ultimo. E ciò è ben naturale, giacchè lo strofinamento precedente modifica la superficie del corpo che si cimenta.

Varia l'elettricità presa dai metalli secondo che sono più o meno lucidi e netti da ossido: la quale mutabilità, presentata specialmente dal ferro, dallo zinco e dallo stagno, strofinati con corpi non metallici, viene dal sig. De la Rive spiegata nel modo seguente. Egli ammette che quando essi metalli hanno la superficie perfettamente netta da ossido, venendo strofinati col legno, colla mano, coll'avorio, col sughero, colla materia delle corna, ec., debbano tutti prendere l'elettricità negativa. Se però vengano ricoperti da un leggerissimo e impercettibile velo d'ossido, questo viene facilmente levato via dalle suddette sostanze strofinanti, e

(1) Haüy, *Traité élém. de Phys.* t. I, pag. 400.

(2) Epino, *Tentamen Theoriae electricitatis et magnetismi*, pag. 63. Può in ciò aver parte il diverso liscio.

ritenuto sulla loro superficie; e allora lo strofinamento ha luogo fra gli ossidi metallici, e i metalli puri rispettivi, ond' è che i detti metalli pigliano un'elettricità positiva; e questo è infatti ciò che si suole osservare ne' metalli più ossidabili. Se poi il velo d' ossido ha maggiore grossezza, non viene esso sì facilmente staccato dalle superficie metalliche, e queste collo strofinamento de' corpi medesimi acquistano l' elettricità negativa (1).

872. *Osservazione* 1.ª Appare da quanto si è detto che, lasciata da banda la natura chimica dei corpi, tutte le altre circostanze tendenti a far presentare ai corpi stessi, mediante lo sfregamento, piuttosto l'una che l'altra elettricità, si possono ridurre, qual più e qual meno plausibilmente, ad una sola, cioè alla differenza di temperatura (2). Una più elevata temperatura altera, rendendola in generale più energica, la tendenza di un corpo a comunicare elettrico ad un altro con cui venga strofinato; e il modo dello strofinamento, la scabrezza, il colore (quando questo si possa riferire alla scabrezza) pajono circostanze atte a far sì che l' uno de' due corpi strofinati si riscaldi più dell' altro. Noi vedremo altri fatti in favore di quest' idea allorchè parleremo de' fenomeni *termoelettrici*. Però, confessiamolo, questa idea non è finora da ritenersi se non come un' ipotesi atta a legare insieme e a meglio conservare nella memoria una certa serie di fenomeni.

Coulomb, il quale raccolse un gran numero di fatti su questo particolare (3), ammette in vece il principio che nello strofinamento di due corpi *si elettrizzi in meno quello di essi le cui molecole superficiali soffrono un maggiore allontanamento dalle loro situazioni di equilibrio, e si elettrizzi in più quello ove lo spostamento delle molecole superficiali è minore.* L'effetto del diverso modo di strofinare sarebbe una conseguenza immediata di questo principio; perciocchè se una medesima parte di un corpo solido vien fatta scorrere successivamente su parecchie parti di un al-

(1) *Bibl. Univ.* t. LIX, pag. 18.
(2) V. le *Memorie ed osservazioni* del Nobili, t. I, pag. 96; dove a quest' influenza del calore si dà una estensione anche più grande.
(3) Biot, *Traité* ec. tomo II, p. 354 e seg.

tro, egli è evidente che le molecole superficiali del primo soffrono maggiori spostamenti che le molecole del secondo. Il calore indurrebbe una tendenza alla elettricità negativa col rendere più agevole lo spostamento delle molecole; e così questo agente sarebbe una cagione remota del fenomeno, e non già una cagion prossima, come vien riguardato nell'altro modo di vedere poc'anzi esposto. La scabrezza sarebbe un'altra circostanza tendente a favorire l'allontanamento delle parti minime de' corpi dalle loro naturali posizioni, il quale allontanamento verrebbe promosso ne' corpi scabri medesimi se questi sono delle stoffe, o verrebbe promosso in quegli altri che seco loro sono strofinati se i corpi scabri suddetti sono metallici. Il color nero farebbe l'ufficio stesso della scabrezza. A questo principio noi potremmo ridurre anche l'influenza della durezza (§ 865), la quale potrebbe esser cagione di elettricità positiva coll'opporsi ai movimenti delle molecole. Oltre a ciò stima Coulomb che allorquando nello strofinamento uno de' due corpi soffre una dilatazione superficiale, sia questa una circostanza favorevole al fargli prendere l'elettricità negativa; il che, stando alle sue idee, dovrebbe, a mio avviso, attribuirsi a un maggiore spostamento delle molecole prodotto in questo caso dallo strofinamento medesimo; e all'incontro egli crede che una passeggiera compressione disponga il corpo strofinato piuttosto all'elettricità positiva (1). In tutte queste idee di Coulomb concorre appuntino anche il sig. C. H. Müller (2).

Becquerel adotta presso a poco queste idee di Coulomb; propende cioè a credere che nell'atto dello strofinamento *si manifesti la elettricità negativa in quello de' due corpi nel quale le molecole superficiali vengono a muoversi con più ampie oscillazioni intorno ai loro punti di equilibrio.* E questo principio crede egli che valga anche ne' casi ove sono messi a cimento due corpi di diversa natura; p. e., se il vetro liscio strofinato con un pezzo di lana si elettrizza in più, ciò nasce, secondo lui, dal vibrare che fanno con oscillazioni meno ampie le sue molecole superficiali.

(1) Biot, *ib.* p. 356.
(2) Gehler's *Phys. Wört.* art. *Elektricität*, p. 248, citando le annotazioni del suddetto Müller agli *Elementi* di Singer.

Concede che lo sviluppo dell'elettricità negativa sia il più delle volte accompagnato da una più elevata temperatura del corpo; ma stima questa una circostanza independente e solo concomitante (1). Si scorge che le idee di Coulomb e di Becquerel possono star benissimo insieme, essendo chiaro che uno smovimento maggiore delle molecole è susseguito da più ampie vibrazioni delle medesime. E se il calorico, quando è nei corpi, consiste in un tremore delle molecole di questi, come è opinione di alcuni Fisici (2), le dette idee coincidono altresì co' pensamenti di chi attribuisce al calorico stesso la specie dell'elettricità presa dai corpi strofinati.

Noi lasceremo che il tempo decida intorno a tutte queste idee. Noteremo soltanto che esse non sono da trascurarsi dai Fisici, giacchè coltivate con la debita prudenza, possono dar molto lume sulla vera essenza dell'elettricità.

873. *Osservazione* 2.ª La forza delle elettricità contrarie sviluppate nello sfregamento di due corpi varia secondo le qualità di questi. E per ogni coppia di essi pare che vi sia un massimo d'intensità, al di sopra del quale non possa salire la differenza dello stato elettrico nelle superficie eterogenee che vicendevolmente si toccano. Questa differenza poi è tanto maggiore quanto più grande è la distanza a cui i corpi si trovano nella scala indicata al § 865; e quanto più favorevoli sono le circostanze calorifiche e d'altra natura che abbiam detto influire sulla tendenza all'una o all'altra elettricità.

874. *Osservazione* 3.ª Le elettricità ottenute collo strofinamento possono essere assai forti, quando i corpi che si strofinano insieme sieno o entrambi coibenti, o l'uno coibente e l'altro conduttore. Debolissime elle sono invece quando entrambi i corpi sono buoni conduttori, p. e. metallici, e non se ne può avere indizio che con mezzi assai delicati. La ragione seguente, se non è l'unica, contribuisce per lo meno assai a questo effetto. Probabilmente finchè i due conduttori strofinantisi sono a contatto vicendevole per un gran numero di punti, si trovano in essi ac-

(1) *Ann. de Ch. et de Ph.* tomo XLVII, p. 128, 130, 132.
(2) V. il t. II del presente *Corso*, p. 3.

cumulate delle forti elettricità contrarie, capaci di divenire sensibilissime, se vi si potessero conservare, quando si staccano. Ma allorquando i due corpi nello scorrere l'uno sull'altro si vengono ad abbandonare, e non rimangono a vicendevole contatto che in pochissimi punti, egli avviene, in forza delle leggi dell'*Elettricità indotta* le quali noi spiegheremo più innanzi, che una gran parte delle suddette contrarie elettricità si raccoglie ne' due piccoli tratti di superficie che si trovano ancora sovrapposti, e quivi esse acquistano una intensità superiore alla massima differenza di stato elettrico che può essere permessa dalla natura de' due corpi (§ precedente); e però una buona parte di fluido elettrico trapassa dall'un corpo all'altro, e poco ne rimane da mostrarsi sensibile agli stromenti allorquando i due corpi sono separati.

875. *Osservazione* 4.ª Un fatto molto curioso si è che un tubo di vetro, quando sia internamente rivestito di foglia metallica, o contenga dell'aria molto rarefatta (che anch'essa è conduttrice), ovvero dell'acqua, o anche semplicemente abbia le interne pareti coperte di un velo umido, non si può elettrizzare sensibilmente collo strofinamento. Per spiegare questo fatto convien ricorrere alle citate leggi dell'*Elettricità indotta*. Avviene cioè in questo tubo che la superficie esterna del vetro, dopo essere stata strofinata dalla mano e da essa elettrizzata in più, appena che esca dal di sotto della mano medesima fa sfuggire dall'interna superficie quasi altrettanto elettrico, il quale retrocede subito specialmente sotto la mano stessa ove può da questa venire dissimulato, e dove, operando attraverso al vetro, si oppone all'elettrico che essa mano strofinante tende a deporre sulla superficie esterna. Così poco elettrico può dalla mano esser comunicato alla superficie esterna del tubo; e inoltre questo poco viene in gran parte dissimulato dall'elettrizzarsi contrariamente la interna superficie, a proporzione che le parti del vetro sfuggono dal di sotto della mano (*).

Segue da ciò, essere assai dannosa l'umidità nell'interno de' cilindri di cristallo che si adoperano per le macchine elettriche, ed essere utile l'intonacarli internamente di zolfo

(*) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 161 e seg.

o di cera lacca o d'altra sostanza resinosa che renda più difficile la deposizione dell'umidità (1).

876. Possiamo riferire a questa prima sorgente di elettricità quella delle polveri metalliche o d'altra natura che si lasciano cadere dai fori di un cribro di metallo o d'altra materia, o anche più semplicemente si lasciano cadere da una lamina metallica. Venendo queste polveri raccolte entro un vaso isolato, si trovano sempre elettrizzate o in più o in meno. E l'elettricità è talora sì forte, che dal piatto ove cadono tali polveri si giungono ad ottenere vivaci scintille; così avviene lasciando cadere della resina polverizzata da un cucchiajo metallico asciutto (2). In quanto alla specie della loro elettricità si osserva che quando si adopera della limatura metallica della stessa natura della lamina, la limatura cade in generale dotata di elettricità negativa; quasi che lo stato di divisione della limatura faccia l'ufficio della scabrezza (3).

877. Possiamo pur riferire allo sfregamento il raschiarsi de' corpi, dal quale, raccogliendo le raschiature in vasi isolati, si ottengono vivi segni di elettricità, anche allorquando i corpi raschiati sono di tal natura che strofinati in massa non divengono sensibilmente elettrizzati. Così si ottengono segni elettrici raschiando il sego, la cioccolata, la canfora, la cera, e perfino il ghiaccio quando sia ben secco (4).

(1) Priestley, *Histoire* ec. I, 362; Cavallo, *Trattato completo* ec. p. 168.

(2) Volta, *Collez. delle Opere*, tomo I, Parte II, p. 257.

(3) L'antimonio però, secondo Becquerel, fa eccezione alla regola (*Ann. Chim. Phys.* XLVII, 123). Ma egli è altresì uno di que' metalli, a' quali il calore dà tendenza ad elettrizzarsi in più.

(4) Volta, tomo cit. p. 259.

Descrizione della Macchina elettrica è di alcuni stromenti accessorii.

878. Per ricavare l'elettricità occorrente alle sperienze elettriche usarono i Fisici per molto tempo, cioè sin quasi alla metà del secolo scorso, del semplice strofinamento di tubi di vetro, i quali essi prendevano della grossezza di circa un pollice, della lunghezza da due a tre piedi, e asciugatili all'occorrenza con un leggiero calore, li strofinavano ora colla semplice mano, ora con stoffe di seta unte d'olio di semi di lino, ora con tela cerata rivestita di un'amalgama. E sebbene alcuni Fisici avessero cominciato a immaginare qualche cosa di meglio, continuò nullameno presso i più l'uso de' detti tubi, bastando questi allora ai bisogni della scienza. Cresciuta però questa, e resasi necessaria alle sperienze una più abbondante elettricità, si rivolsero i Fisici a costruire e a perfezionare varii particolari ordigni, mediante i quali lo strofinamento fosse impiegato in un modo più comodo e più vantaggioso; e furono questi le *Macchine elettriche.*

La prima idea di una Macchina elettrica si dee ad Ottone de Guerike, quello stesso che inventò la macchina pneumatica, il quale immaginò di far girare un globo di zolfo e di strofinarlo colla mano (1). Hauxbee fece uso per lo più di un globo di vetro, pure strofinato colla mano (2), il che fu più comodo, essendo il vetro una sostanza assai più resistente. Il P. Gordon, benedettino scozzese, sostituì ai globi dei cilindri pur di vetro (3). Poi s'introdusse l'uso di stro-

(1) Priestley, *Histoire* ec. tomo I, p. 14.
(2) *Ib.* p. 32.
(3) *Ib.* p. 130.

finare il vetro non più colla mano, ma con de' cuscinetti. In fine vennero inventate le macchine a disco (*). Le macchine che si adoperano presentemente sono a disco o a cilindro, sì l' uno che l' altro di vetro; il quale disco o cilindro essendo messo in giro da un manubrio, viene a strofinarsi contro uno o più cuscinetti, dai quali riceve continuamente del fluido elettrico cui poscia cede, col mezzo di alcune punte atte ad assorbirlo, ad un conduttore metallico isolato.

879. *Descrizione della Macchina elettrica a Disco.* La fig. 5 ne rappresenta una, della forma di quella posseduta dal Gabinetto Fisico del Liceo di Porta Nuova. In essa *A*, *A* sono i cuscinetti, *BB* il disco, *C*, *D* due conduttori metallici isolati.

I cuscinetti in questa specie di macchine sogliono esser quattro, due di sopra contrapposti l' uno all' altro e stringenti il vetro frammezzo, e due al di sotto contrapposti in modo somigliante; e sogliono formarsi ciascuno d' un pezzo di cuojo attaccato nel suo contorno ad una lamina di legno, e tenuto gonfio da una massa di crini di cavallo, affinchè sia cedevole ed elastico. Vengono essi mantenuti contro il disco da una molla, perchè possano colla superficie del cuojo cedere all' uopo alcun poco e adattarsi sempre alle ineguaglianze del disco, senza mai cessare di premerlo; e una vite opportunamente collocata dalla parte opposta (nella fig. 5 i bottoni *E*, *E* rappresentano le teste di tali viti) serve a regolare questa pressione. Per eccitare meglio l' elettricità si ricopre il cuojo di un' amalgama (§ 865), la quale vi si applica con qualche poco di unto. Questa amalgama può esser fatta con foglia di stagno e mercurio:

(*) Priestley ne attribuisce l' invenzione a Ramsden (*Histoire* ec. III, 91). Altri, e forse con più ragione, le dicono inventate dal Grigione Martino Planta nel 1755 (Ebel, *Manuel du Voyageur en Suisse*, art. *Süss*; Gehler's *Phys. Wört.* art. *Elektrisirmaschine*, p. 431). Uno de' primi ad usarne fu altresì il dottor Ingenhouss (Gehler's *Phys. Wört. ibid.*).

Cavallo (1) reputa migliore quella del dott. Higgins fatta con un sesto di zinco e cinque sesti di mercurio: il P. Pianciani suggerisce di scaldare sette parti di mercurio un po' oltre a 100° C., versarle in un recipiente di legno, aggiungere due parti di stagno e quattro di zinco fusi, chiudere il recipiente e agitarlo forte per rendere il miscuglio perfetto, quindi pestare l'amalgama raffreddata per ridurla in sottil polvere, e in fine unire a questa dello strutto quanto occorre per farne una pasta (2). Tornando ai cuscinetti, si fanno questi comunicare tutti fra loro per mezzo di corpi conduttori (tale è il sostegno di legno arcuato *FGH* provveduto in tutta la sua lunghezza della lista metallica *abc*), e ciò perchè all'occorrenza possano agevolmente, mediante una catenella metallica, esser messi in comunicazione col suolo, per prendere da questo il fluido elettrico da somministrare al disco. Giova poi che il sostegno che li porta sia isolato, con che (come vedremo fra poco) può aversi dalla macchina anche l'elettricità negativa: il quale isolamento, nella macchina rappresentata dalla figura 5, si ottiene per mezzo delle quattro colonnette *I*, *I*, *I*, *I* di cristallo inverniciato.

Il disco di vetro si suol comunemente usare d'un diametro da 20 a 24 pollici, crescendone a dismisura il prezzo quando lo si vuole più ampio. Comunemente esso si tiene verticale, e si fa rotare per mezzo di un opportuno manubrio, il quale nella fig. 5 si trova separato dalla parte centrale del disco medesimo mediante il cilindro di cristallo *K*, dal quale viene impedita la comunicazione dell'elettricità fra la mano e i cuscinetti. Si suole questo disco coprire in parte con più pezzi di taffettà (veggonsi questi rappresentati nella fig. 5 da *M*, *M*, e sono quattro, due su

(1) *Trattato completo* ec., p. 172.
(2) *Istituzioni Fisico-Chimiche*, t. III, p. 8.

quella faccia del disco che guarda l'osservatore e due sulla faccia opposta); cotali pezzi fanno sì che le parti strofinate della superficie del disco non possano, dopo abbandonati i cuscinetti, trasmettere all'aria il fluido elettrico prima di arrivare in faccia alle punte metalliche del conduttore. Si ha inoltre l'avvertenza di tenerlo diligentemente ripulito dall'amalgama, la quale nell'adoperar la macchina vi si suol continuamente deporre, con detrimento degli effetti della macchina medesima; una tale amalgama infatti diminuisce alquanto alla superficie del vetro la facoltà isolante, la quale è indispensabile perchè l'elettrico venga trasportato sino alle suddette punte metalliche.

L'ultima delle parti principali della macchina consiste nel conduttore o ne' conduttori; de' quali talora ve n' ha un solo destinato a ricevere l'elettricità positiva; e talora due, uno per l'elettricità positiva e l'altro per la negativa, come si vede appunto nella fig. 5 dove *C* è il conduttore positivo e *D* il negativo. Sogliono essi farsi di ottone e internamente vôti; debbono essere portati da sostegni isolanti, p. e. da colonne di vetro rivestite di vernice copal; e si ha cura che manchino di parti puntute, perchè da queste potrebbero perdere la loro elettricità o positiva o negativa; anzi, siccome l'elettricità si condensa principalmente alle estremità più lontane de' conduttori medesimi, dalle quali perciò si può più facilmente che da altrove disperdere nell'aria, così sogliono essi conduttori a queste estremità venir terminati da due globi d'un diametro più grande, affinchè sia men facile un tale disperdimento: delle quali cose tutte verrà data ragione a suo tempo. Quello poi de' due conduttori il quale serve per l'elettricità positiva, è munito, come già si è accennato, di alcuni denti o punte, mediante le quali può assorbire il fluido elettrico ricevuto dal disco. Nella macchina rappresentata dalla fig. 5 trovansi questi denti ne'

pettini *N*, *N* indicati sì in essa fig. 5, come nella fig. 6, nella seconda delle quali viene altresì rappresentata la parte del conduttore positivo *C* situata dietro al disco. Il conduttore dell'elettricità negativa, quando vi sia, deve all'occorrenza poter comunicare coi cuscinetti, i quali in tal caso debbono, come si è pur detto, poter essere isolati.

Il conduttore positivo suole molte volte chiamarsi *primo Conduttore*, per distinguerlo da altri conduttori estranei che possono essere adoperati nelle sperienze. Ne' primi tempi gli si dava anche il nome di *Catena*.

Si costruiscono di queste macchine anche a doppio disco. Tale è la più grandiosa macchina elettrica che si conosca, esistente nel Gabinetto Fisico di Teyler ad Harlem. È questa formata con due dischi di cristallo, ciascuno del diametro di 65 pollici inglesi, ossia 61 di Parigi, collocati parallelamente alla distanza di 7 ½ pollici inglesi l' uno dall'altro, muniti ciascuno de' proprii cuscinetti e delle proprie punte assorbenti, e messi in giro insieme. Sono però necessarie due persone a metterla in moto, e a lavoro continuato quattro (*).

Sonosi da alcuni costrutte delle macchine a disco di zolfo per la elettricità negativa, ma vennero poscia abbandonate, potendo supplire quelle a disco di cristallo opportunamente usate.

880. Nelle *Macchine a Cilindro* possono le dimensioni di un tale cilindro variare dal diametro di quattro pollici colla lunghezza di otto, al diametro di dodici pollici colla lunghezza di ventiquattro. Suole esso cilindro utilmente rivestirsi nell' interno di una incamiciatura coibente (§ 875); e suole essere disposto orizzontalmente e messo in giro da due ruote avvolte da funi, delle quali ruote l'una più grande mossa con un manubrio dalla mano pone in giro l'altra minore

(*) V. la descrizione datane da Van Marum, Harlem 1785.

a cui è annesso il cilindro, di maniera che questo possa fare cinque o sei giri ad ogni minuto secondo: un movimento più lento darebbe meno elettricità, uno più veloce riescirebbe faticoso e incomodo alla mano. Per istrofinatore si usa di collocare sopra la superior superficie del cilindro un cuscinetto di seta ripieno di crini di cavallo, rivestito inferiormente di una lamina di cuojo amalgamata e dolcemente premuto contro la detta superficie da una molla metallica.

Non si trova utile il porre assi metallici a questi cilindri, al certo perchè questi assi, elettrizzandosi contrariamente per induzione, scemano gli effetti dell'elettricità comunicata collo sfregamento (1).

I globi di vetro sembrano ora abbandonati. Così pure non si pratica più di strofinare i cilindri o i globi direttamente colla mano. E pare che vada rendendosi sempre più comune l'uso dei dischi: il che è da attribuire, 1.° all'essere i dischi men facili a spezzarsi; il quale pericoloso inconveniente è spesse volte avvenuto ai globi e ai cilindri (2), probabilmente per differenza di temperatura nelle varie parti, cagionata dallo strofinamento; 2.° all'essere le macchine a disco, a parità di forza, meno costose; 3.° al potersi esse più facilmente costruire di grandi dimensioni; oltre a qualche altro loro vantaggio (3).

881. Le macchine elettriche sono state costrutte in diverse altre maniere; fra le quali, come molto singolari, noi citeremo alcune di quelle a *Stoffa*.

Lichtenberg nel 1781 ne ha immaginata una, formata d'una specie di tamburo la cui superficie cilindrica era d'un pezzo di lana nera, liscia e ben tesa fra due dischi di legno collocati al luogo delle due basi; la qual lana veniva strofinata con un cuscinetto rivestito di pelle di gatto rivolgente i peli verso la lana. Durante la state conveniva tener caldo questo tamburo con un braciere, perchè si man-

(1) Priestley, *Histoire* ec. III, 54.
(2) *Ibid.* I, 366; Beccaria, *Elettr. art.* p. 14.
(3) Sul paragone delle macchine a disco con quelle a cilindro si occuparono diligentemente Nicholson, Cuthberson e Singer; e possono vedersi le ottenute conclusioni nel nuovo Dizionario Fisico di Gehler all'art. *Elektrisirmaschine*, p. 469.

tenesse asciutto; nell'inverno bastava tener la macchina vicina al fuoco.

Walkiers de S.t Amand ne costruì nel 1784 una molto grande. Il pezzo principale consisteva in due cilindri di legno del diametro di due piedi e della lunghezza di sei, collocati parallelamente l'uno a fianco dell'altro alla distanza di 7 in 8 piedi, e mobili per mezzo di opportuni manubrii; la qual coppia di cilindri era circondata da un lungo pezzo di taffettà inverniciato, largo cinque piedi, colle estremità cucite insieme, in guisa da formare una specie di benda rientrante in se stessa e mediocremente tesa. Questo taffettà, mentre veniva posto in moto dal girare de' manubrii, si strofinava contro i peli di alcune pelli di gatto avvolte a cilindri grossi 2 pollici e lunghi 7 piedi, collocati per traverso a esso taffettà, e tenuti serrati contro di esso; e intanto un conduttore metallico, munito di punte e collocato in mezzo al vano abbracciato dal taffettà medesimo, prendeva l'elettricità negativa che sviluppavasi in quest'ultimo (1).

Con una di queste, costruita in piccole dimensioni con un raso bianco rivestito di gomma lacca in ambe le superficie e strofinato co' peli di alcune pelli di gatto avvolte a cilindri di latta, fece diverse osservazioni il sig. Munck af Rosenschöld (2). Trovò egli che nell'aria umida la macchina, se non si scaldava, era di pochissimo effetto; però scaldando gli strofinatori esternamente o con un braciere o co' raggi solari, diveniva anche allora assai attiva; ma non già se si scaldava internamente, col mettere, p. e., de' ferri caldi entro i cilindri di latta. Quando poi l'aria era secca, essa macchina lavorava bene anche dopo essersi notabilmente inumiditi gli strofinatori. Le quali cose tutte pare a me di spiegarle felicemente coll'attribuire l'attività della macchina alla secchezza delle ultime estremità de' peli

(1) Può vedersi la descrizione di queste due e di altre somiglianti macchine nel nuovo Dizionario Fisico di Gehler all'articolo *Elektrisirmaschine*, p. 453 e seg. Di una molto semplice può vedersi la figura nelle *Istituzioni Fisico-Chimiche* del prof. Pianciani, t. III, p. 9, fig. 3.

(2) Poggendorff's *Annalen der Physik und Chemie*, 1834, t. XXXII, p. 362 e seg.

strofinanti, la quale secchezza dipendeva quasi interamente dal calore esterno e dalla siccità dell'atmosfera, e quasi nulla affatto dallo stato della pelle sottoposta.

882. *Modo di preparare e di usare la Macchina elettrica.* Ne' tempi asciutti le ordinarie macchine a disco e a cilindro, seppure non sian costruite pessimamente e i cuscinetti non sieno affatto spogli d'amalgama e il vetro ben lordo, fanno sempre assai bene il loro ufficio; non così ne' tempi umidi, ne' quali però usando di opportune precauzioni si può pure trarne buon partito. Ecco in qual modo si usa di preparare tali macchine nella scuola di Fisica di Pavia, affinchè possano servire in qualunque tempo.

Prima di tutto mediante uno zampino di lepre che ad intervalli si riscalda col fuoco, si ripulisce il disco o il cilindro con molta diligenza, levando la polvere e i minuti peli che possono esservisi deposti, e la poca amalgama di cui potrebbe essersi imbrattato in precedenti sperienze.

In secondo luogo si levano i cuscinetti, si nettano dalla polvere, si riducono soffici e gonfi, e scaldatili quindi al fuoco vi si applica l'amalgama con un po' di unto. Quindi ben caldi si rimettono alla macchina.

Si riscaldano similmente i pezzi di taffettà che difendono il disco. Lo stesso si fa co' sostegni isolanti che portano i conduttori e che servono all'isolamento de' cuscinetti, riscaldandoli con della lana ben calda. Beccaria nei tempi molto umidi soleva mantenere riparati questi sostegni dall'umidità col cingere ciascuno di essi di cenere ben calda contenuta in due recipienti formati a mezzo anello, i quali uniti insieme ne circondavano la base a qualche piccola distanza (*).

In fine si asciuga e si riscalda il disco o il cilindro; il che si ottiene appressandogli un braciere, fa-

(*) *Elettricismo artificiale*, p. 12.

cendo girare esso disco o cilindro a un quarto di giro per volta, coll'avvertenza di scaricare intanto la poca elettricità che può adunarsi nei conduttori e che farebbe sollevare la cenere. E con ciò tutta la macchina è in pronto, e non occorre che metterla in azione.

883. Allorquando si vuole ottenere da essa macchina, supposta a disco, l'elettricità positiva, si cominciano a porre i cuscinetti (quando già nol sieno) in comunicazione col suolo. La qual comunicazione si stabilisce ordinariamente per mezzo di una catenella metallica, che dal conduttore negativo, o da qualche altro pezzo della macchina comunicante coi cuscinetti, p. e. dal pomo metallico *P* (fig. 5), scende fino sul pavimento. Molto migliore però è la maniera usata in alcuni Gabinetti di Fisica, che è di far comunicare i cuscinetti con un filo metallico il quale dal pavimento vien condotto senza interruzione sino alla perenne umidità sotterranea (1). Ciò fatto, si mette in movimento il disco. Questo allora riceve dai cuscinetti una parte del loro fluido naturale, e poscia lo cede, col mezzo delle menzionate punte, al conduttore positivo: intanto i cuscinetti prendono dell'altro fluido dal suolo per rimettersi della sofferta perdita e tenersi atti a poterne nuovamente e continuamente somministrare dell'altro al disco suddetto. Col girare così del disco, il conduttore positivo della macchina non solo vien tenuto continuamente elettrizzato e atto perciò ad attrarre i corpi leggieri e a mostrare gli altri fenomeni proprii de' corpi elettrizzati, ma può eziandio somministrare continuamente elettricità ad altri corpi conduttori, in silenzio se essi gli stanno a contatto, e col mezzo di scintille se si trovano a piccola distanza. Ed è a notare che per quanto la macchina giri, sempre il suolo, purchè non sia troppo asciutto e male comunicante

(1) Gehler's *Physik. Wört.* art. *Elektrisirmaschine*, p. 436.

colla macchina, è in istato di somministrare nuova elettricità; per la qual cosa si suol chiamare il *Serbatojo universale dell'elettricità.*

Quando si voglia in vece ottenere l'elettricità negativa, si fa comunicare col suolo per mezzo della catenella o altrimenti il conduttore positivo; e si tengono isolati dal suolo stesso, ma in comunicazione fra loro, il conduttore negativo e i cuscinetti. Non potendo questi ultimi, in siffatta disposizione dell'apparecchio, riprendere dal suolo quell' elettrico che vanno comunicando al disco girante, ne tolgono al conduttore negativo, il quale con ciò viene appunto a elettrizzarsi in meno.

Farò poi qui notare che la forma di macchina rappresentata dalla fig. 5, e che ha il disco parallelo ai due conduttori, presenta il vantaggio che una sola persona, senza ajuto altrui, può metterla in azione, ed eseguire diverse sperienze da se. Volendo sperimentare coll' elettricità negativa, la persona opera come dianzi si è accennato; volendo lavorare colla positiva, ella fa comunicare insieme i due conduttori con un bastone metallico sovrapposto di traverso, toglie la verga metallica *Q* che unisce il conduttore negativo *D* col bottone *P*, e pone quest' ultimo in comunicazione col suolo.

884. *Sperienze più comuni che si eseguiscono colla Macchina elettrica.* Quasi innumerabili sono le sperienze che fannosi con questa macchina; e noi ne vedremo un gran numero nel seguito del presente Trattato: qui ci occuperemo un momento delle più ovvie.

Osserveremo prima di tutto che tanto l'uno quanto l'altro de' conduttori della macchina, elettrizzato ch'esso sia o in più o in meno secondo la propria destinazione, attrae i corpi leggieri da una notabile distanza, assai meglio che non fanno una canna di vetro o un bastone di cera lacca strofinati. E se si appendono

due fili di natura conduttrice o all'uno o all'altro conduttore, questi fili si respingono l'un l'altro; ma si attraggono in vece, se l'un filo è appeso all'un conduttore e l'altro all'altro.

Accostando all'uno o all'altro conduttore un corpo di natura conduttrice, si osserva che fra il conduttore e un tale corpo tragittano a brevi intervalli di tempo delle vivaci e sonore scintille, che sono tortuose quando oltrepassano una certa lunghezza, per lo più quando arrivano alla lunghezza di due o tre pollici, e s'assomigliano perciò allora a piccole folgori; le quali scintille, secondo l'ipotesi Frankliniana, sono formate da fluido elettrico scagliato verso il corpo avvicinato se si tratta del conduttore positivo, e da fluido uscente da esso corpo se si tratta del conduttore negativo. Ricevute queste scintille sulla mano, o fatte dare dalla medesima al conduttore negativo, producono un particolar senso di puntura.

Avvicinando il rovescio della mano ovvero il braccio a uno qualsivoglia de' suddetti conduttori, se ne prova una sensazione simile a quella che si avrebbe nell'incontrare una tela di ragno. Oltre a ciò, avvicinando la mano alle parti più prominenti del conduttore, se ne riceve una specie di venticello.

885. Fermando su questi conduttori de' corpi puntuti, si osserva che questi ultimi, allorchè si fa lavorare la macchina nell'oscurità, divengono luminosi in cotali loro punte, specialmente se a queste si rechino vicini altri corpi; e similmente divengono luminosi nell'oscurità i peli e tutte le estremità acuminate de' corpi presentati ai detti conduttori elettrizzati.

E qui è da notarsi una differenza in questa luce, secondo la diversa specie di elettricità. Quando la punta, specialmente s'ella è smussata, è adattata al conduttore dell'elettricità vitrea, si palesa su essa il così detto *fiocco*; il quale è un'apparenza luminosa formata da parecchi raggi filiformi che allontanandosi

dalla punta medesima divergono a guisa di cono o di pennello, e a proporzione che si allontanano illanguidiscono e finalmente alla distanza di otto, dieci o dodici linee si smarriscono nell'aria. Se in vece la punta è annessa all'altro conduttore, compare su di essa una luce assai più breve, che sta tutta raccolta vicino alla punta medesima, e che si dice la *stelletta*. Nel supposto che i fenomeni elettrici derivino da un fluido unico, riesce più naturale il riguardare il fiocco siccome prodotto da una diffusione di un tale fluido, e la stelletta siccome cagionata da un assorbimento del medesimo, anzichè l'adottare l'idea di movimenti contrarii. Noi possiamo infatti concepire molto naturalmente, che i raggi divergenti costituenti il fiocco nascano da elettricità fortemente accumulata sulle punte e da queste scagliata in mezzo all'aria, ove per la spinta ricevuta si propaghi per qualche tratto sotto forma di quelle linee luminose; e parimente con poca difficoltà noi possiamo ammettere che la stelletta nasca da minime scintillette di fluido elettrico che una punta fortemente elettrizzata in meno estragga dall'aria che le sta d'intorno. In vece parrebbe men naturale lo ammettere un assorbimento nel fiocco e una diffusione nella stelletta. Di qui è che i Frankliniani hanno ammesso che l'elettricità vitrea, che è quella cui appartiene il fiocco, sia elettricità *per eccesso*, e che la resinosa, la quale dà la stelletta, sia elettricità *per difetto*.

886. *Dell'attività delle Macchine elettriche*. Può questa attività venir considerata da due aspetti, cioè o per riguardo alla *Forza* dell'elettricità somministrata, o per riguardo alla *Copia* della medesima.

Per determinare la *Forza* a cui può arrivare siffatta elettricità, il metodo più semplice è quello di misurare la distanza a cui la macchina può scagliare le scintille; nel che, perchè sieno paragonabili le prove fatte colle diverse macchine, è d'uopo che le estre-

mità de' conduttori dalle quali le scintille vengono date abbiano grossezze eguali o almeno poco diverse fra loro, e sieno similmente della stessa grossezza le estremità di quegli altri conduttori ove esse scintille vengono ricevute.

Le macchine ordinarie si ritengono forti quando le scintille giungono alla lunghezza di cinque o sei pollici; e a ciò non solo è d'uopo il buono stato della macchina, ma anche una stagione opportuna. Esistono però diverse macchine di una forza molto maggiore.

La macchina di Teyler supera a questo riguardo tutte le altre. Le scintille sogliono in essa partire da una palla del diametro di quattro pollici, collocata all'estremità di un conduttore consistente in tre pezzi cilindrici, dell'estensione totale di 23 $^1/_2$ piedi quadrati, e venir ricevute da un conduttore cilindrico lungo 22 pollici e grosso 8, terminato con una palla grossa 12 (tutto a misura inglese). E ne' tempi favorevoli ne vengono scagliate 300 in un minuto, della sorprendente lunghezza di 24 pollici (22 $^1/_2$ pollici francesi), grosse come il tubo di una penna da scrivere, serpeggianti nella guisa di piccole folgori, e lancianti dagli angoli loro delle minori scintille lunghe da 6 a 8 pollici che divergono e si suddividono nel loro avanzarsi e quindi si perdono nell'aria. Il fiocco dell'elettricità positiva arriva anch'esso sino alla lunghezza di 16 pollici. Alquanto più breve è la scintilla dell'elettricità negativa, non arrivando che ai 10 o agli 11 pollici (*).

A impedire in questa macchina la dispersione di una sì forte elettricità positiva contribuiscono assai le seguenti avvertenze avutesi nella sua costruzione.

1.° I dischi vennero rivestiti di una composizione resinosa, dall'asse fin presso ai cuscinetti, cioè per un tratto

(*) Gehler's *Phys. Wört.* art. *Elektrisirmaschine*, p. 460.

circolare del diametro di 33 pollici inglesi: se questo tratto si fosse lasciato nudo, sulla sua superficie avrebbe potuto trascorrere molta parte dell'elettricità della zona circostante e retrocedere per questa via ai cuscinetti; il rivestimento resinoso impedì un tale inconveniente, e inoltre giovò a rafforzare i dischi.

2.° L'asse venne posto colle sue estremità su alte colonne isolanti, per impedire ch'esso trasportasse via dell'elettricità, ricevendola attraverso l'aria dalle punte assorbenti.

3.° Le colonne isolanti sostenenti i conduttori furono munite di palle vote di ottone inferiormente incavate, poste immediatamente sotto i conduttori medesimi, con che venne assai diminuita la perdita dell'elettricità lungo queste colonne: veggasi nella fig. 7 la sezione verticale di una di queste palle incavate (1).

Le parti destinate all'elettricità negativa erano costruite meno vantaggiosamente; ed è questa una delle cause per cui questa elettricità negativa era più debole.

Per rispetto a cotale elettricità negativa era assai più valida la macchina di Walkiers de S.t Amand citata al § 881, nella quale per una siffatta elettricità venivano scoccate delle scintille lunghe da 15 a 17 pollici, e intollerabili alla mano da cui partivano (2).

Avuto riguardo alle sue dimensioni dà scintille assai forti una macchina del sig. Pfaff, quantunque sia formata di un disco unico del diametro di 37 pollici, e sia assai inferiore alle precedenti nella copia dell'elettricità. Giacchè ne' tempi favorevoli ella dà scintille positive lunghe sino a 18 pollici. Questo vantaggio nasce dall'aver essa due soli cuscinetti e due soli sistemi di punte assorbenti, collocati i primi all'una delle estremità del diametro orizzontale del disco, e i secondi alla estremità opposta; con che gli uni si trovano molto lontani dagli altri, e l'elettricità assorbita non può retrocedere ai cuscinetti attraversando l'aria. Il disco sta serrato fra due mezze sfere di legno ben secco e perciò isolante e oltracciò rivestito di un grosso strato di ottima vernice. Di legno secco ottimamente inverniciato è anche

(1) V. la descrizione di Van Marum p. 4, 16, 20.
(2) Gehler's *Phys. Wört.* art. *Elektrisirmaschine*, p. 470.

l'asse, il quale inoltre è portato da colonne isolanti, ed è mosso da un manubrio, una parte del quale è di cristallo. Le quali avvertenze servono a impedire che l'asse riceva o attraverso all'aria o per trascorrimento sul disco l'elettricità accumulata nel conduttore positivo, e nemmeno possa facilitare il passaggio di questa elettricità ai cuscinetti; come anche servono a mantenere lo stato negativo de' cuscinetti medesimi, allorquando si vuol lavorare coll'elettricità negativa. In fine la parte superiore del disco è ricoperta da due lamine di taffettà portate da corpi isolanti (1).

887. Per conoscere con quale *Copia* una macchina somministri l'elettrico, propone Priestley il metodo seguente. Si unisca con uno de' conduttori della medesima, p. e. con quello dell'elettricità positiva una verga metallica *AB* isolata e munita d'una palla *B* (fig. 8); si avvicini a quest'ultima, alla distanza, per esempio, di un pollice, un'altra palla *C* unita alla verga *CD* comunicante col terreno; e messa in azione la macchina, si conti il numero delle scintille che saltano a ogni giro da *B* in *C*. Fatta la medesima prova con un'altra macchina dove il conduttore sia della stessa grandezza e similmente collocato (p. e. alla medesima altezza dalla tavola, alla medesima distanza dal conduttore negativo), le attività delle due macchine per riguardo alla *Copia* dell'elettricità saranno mostrate dai rispettivi numeri di scintille date a ogni giro (2).

Le due palle *B* e *C* colle due verghette *AB*, *CD*, delle quali la *CD* possa scorrere in una incavatura graduata atta a mostrare le varie distanze a cui possono esser recate le due palle, e con un piede di legno *PQ* che unisca i due sostegni *M*, *N*, l'uno isolante e l'altro conduttore, formano uno strumento appellato lo *Spinterometro* o *Misuratore delle Scintille*,

(1) Gehler's *Phys. Wört.* art. *Elektrisirmaschine*, p. 443.
(2) Priestley, *Histoire* ec. t. III, 107.

immaginato dall'Inglese Lane, ed utilissimo in molte sperienze.

Questo modo di misurare l'attività delle macchine diviene molto più esatto, se alla palla isolata *B* si metta in comunicazione una boccia di Leida o un quadro frankliniano. Siccome la capacità di questi per l'elettrico è incomparabilmente maggiore di quella d'un conduttore semplice che non sia grandissimo, così non porta allora più inconveniente la differenza nella grandezza e nella forma del conduttore della macchina e la differente sua disposizione. È però necessario in questo caso di tenere le palle *B* e *C* dello Spinterometro molto più vicine, p. e. alla distanza soltanto di una linea o due. Avendo fatto una prova di questo genere colla macchina dell'I. R. Liceo di Porta Nuova munita di un disco del diametro di 23 pollici, e di quattro cuscinetti lunghi sei pollici, ho trovato ch'essa sviluppa tanta elettricità che in uno Spinterometro messo convenientemente in comunicazione col conduttore positivo e con un quadro frankliniano grosso una linea e armato per l'estensione superficiale di 24 pollici quadrati, salta ad ogni giro una scintilla lunga una linea. È senza paragone più attiva la macchina di Teyler, anche per questo riguardo della *Copia*; giacchè ad ogni giro può caricare due volte sino alla scarica spontanea una boccia di Leida armata per l'estensione di un piede quadrato inglese (1): supponendo che con questa carica possa venir data una scintilla lunga 6 linee, verrebbe ad ogni giro caricata un'estensione di 12 piedi quadrati di vetro armato fino alla distanza esplosiva di una linea: non so però di che grossezza fosse il vetro. Di pari attività all'incirca era la macchina di Walkiers de S.t Amand (2).

Le buone macchine debbono possedere entrambe le qualità, cioè debbon poter dare elettricità *forte* e *copiosa*. Nulladimeno talvolta prevale l'una qualità e talvolta l'altra. Alcune macchine, p. e. quelle a grandi dischi, quando non

(1) V. la descrizione di Van Marum, p. 68.
(2) Gehler's *Phys. Wört.* art. *Elektrisirmaschine*, pag. 462, e 470.

sieno bene isolate e lascino facilmente dissipare l'elettricità, possono somministrare un'elettricità abbondante, se si tratti di caricare delle bocce di Leida o delle batterie a bassa tensione; ma appena che in queste la tensione si aumenti, cotali macchine divengono subito incapaci a somministrare altra elettricità. Io descriverò nel Capitolo VI una macchina da me immaginata, la quale si trova appunto in questa condizione in grazia del modo particolare con cui è costruita. E queste macchine possono servire utilmente allorquando si vogliono caricare ampie batterie a deboli tensioni.

Altre macchine in vece, meno grandi, e atte perciò a sviluppare minor copia d'elettrico, ma costrutte a dovere ed ottimamente isolate, possono portare l'elettricità fino ad assai alta tensione; e queste possono servire quando s'abbiano a caricare fortemente de' conduttori semplici, ovvero delle piccole bocce, o anche delle grandi che sieno ottimamente isolate. Tale è quella di Pfaff già menzionata.

È stata fatta l'osservazione che tanto la *Forza* a cui può esser recata l'elettricità di una macchina, quanto la *Copia* che può da essa venir somministrata a ogni giro, non sogliono variar sensibilmente al cangiare della velocità della rotazione; vale a dire che essa forza e copia non variano colla detta velocità, ogni volta che l'aria sia *secca*, il moto *non sia lentissimo*, esso moto *non sia velocissimo*, gli strofinatori *non sieno piumosi o sfilacciati*, gli strofinatori stessi sieno *sufficientemente conduttori*. Péclet, il quale fece a questo riguardo molte belle sperienze, trovò che i metalli, la carta, il cuojo e le stoffe di seta, strofinate in tempo secco contro un cilindro di vetro lavorato al torno, del diametro di sette pollici (come rilevasi dalla figura), mosso con una velocità che variava da un ottavo di giro a un giro intero per ogni battuta d'un orologio da tasca, davano delle tensioni che non variavano punto per questi cangiamenti di velocità. In quanto alle anomalie egli osservò:

1.° Che nell'aria umida le velocità minori danno tensioni similmente minori; a mio credere, perchè in queste minori velocità l'elettricità sviluppata retrocede più facilmente indietro, trascorrendo sulla superficie inumidita del vetro;

2.° Che le velocità piccolissime, anche in aria non

umida, danno tensioni minori; evidentemente per lo dissiparsi dell'elettricità, mentre questa si va sviluppando. Crede però

3.° Che le velocità grandissime, potendo riscaldare i corpi che si strofinano, e specialmente gli strofinatori, possono essere anch'esse una cagione di anomalia; giacchè è noto che il calore col far inclinare i corpi all'elettricità negativa, diminuisce l'elettricità sviluppata nelle pelli strofinate col vetro, e accresce quella sviluppata nella seta strofinata col vetro medesimo. Trovò inoltre

4.° Che gli strofinatori piumosi o sfilacciati danno tensioni tanto minori quanto più la velocità è debole; perchè colle loro punte riassorbono l'elettricità comunicata al vetro;

5.° Che quando essi strofinatori sono cattivi conduttori dell'elettricità, questa si sviluppa in tanta minore copia, a parità di giri, quanto più la velocità è grande; di che è facile a vedersi la cagione (1).

Nelle comuni macchine a doppia elettricità, l'elettricità negativa riesce in generale più debole della positiva: il che in parte dipende dall'essere per lo più men vantaggiosa la forma e la disposizione delle parti destinate a ricevere e a presentare la detta elettricità negativa; e in parte io credo che dipenda dall'essere cotale elettricità negativa, a circostanze pari, più facile a dissiparsi che non la positiva (2).

887. *Breve descrizione di alcuni altri oggetti che servono alle più ordinarie sperienze elettriche.* Stimo necessario di qui soggiungere una siffatta descrizione atteso l'uso frequentissimo di cotali oggetti, quantunque l'estesa teoria d'alcuno di essi voglia essere differita ad altro luogo.

Elettrometro di Henly, ossia *Quadrante elettrometro*. È questo uno strumento destinato a far conoscere se sia più o men carico d'elettricità l'uno o l'altro conduttore della macchina. Egli è formato de' due semicerchii *A*, *B* di legno (fig. 9), uniti entrambi

(1) *Annales de Chim. et de Phys.* t. LVII, p. 349 e seg.
(2) *Biblioteca Italiana*, 1836, t. LXXXI, p. 189.

all' asta *CD*, e posti l'uno più vicino all' osservatore che non l' altro, tanto che nell' intervallo possa scorrere il pendolino *EF*, formato d'una paglia con una palletta di midollo di sambuco alla estremità. Si adatta esso alla estremità dell' uno o dell' altro conduttore, in guisa che l'asta a cui i semicerchii stanno uniti sia verticale, e che il centro a cui è appeso il pendolino corrisponda all' asse del conduttore medesimo. A proporzione che col girare della macchina esso conduttore si rende più carico della rispettiva elettricità, si osserva che il detto pendolino, per la legge che i corpi similmente elettrizzati si respingono, va gradatamente innalzandosi; e l'alzamento viene misurato da una scala che, per comodo dell'osservatore, è annessa alla inferiore metà tanto dell'uno quanto dell' altro semicerchio, e che è divisa in 90 gradi. Torneremo più innanzi su questo strumento, per considerare il valore delle sue indicazioni.

888. *Elettrometro a pagliette.* È una piccola campana di cristallo col fondo metallico (fig. 10), dal cui collo scendono al di dentro due sottili pagliette percorse internamente da un sottilissimo filo metallico ciascuna, i quali fili servono a tenerle appese al pezzo superiore pur metallico, e a guidare l' elettricità per tutta la loro lunghezza. Questo strumento, dovuto al celebre Volta, è molto più sensibile del precedente; e su esso pure noi torneremo di nuovo in altro luogo.

889. *Elettroscopio di Canton.* È questo formato di un semplice filo di lino munito a ciascuna estremità di una palletta di midollo di sambuco, o di midollo del così detto girasole (*Helianthus annuus* Lin.), o anche di sughero, il qual filo si accavalla all' uno o all' altro de' conduttori della macchina. Appena che questo conduttore riceva dell' elettricità, immediatamente le due pallette s'allontanano l'una dall' altra. Si suole esso anche formare con due pendolini conduttori appesi a un corto cilindro metallico portato da un sostegno isolante.

Abbiamo già parlato più sopra di alcuni altri strumenti destinati a indicare l'esistenza e la specie dell'elettricità (§ 847, 857). E riserberemo un Capitolo a parte per trattare con qualche estensione degli strumenti che servono alla misura dell'elettricità medesima.

890. *Scaricatore* o *Arco scaricatore*, o anche *Eccitatore*. È uno strumento formato da due braccia di ottone, unite ad un manico di vetro, e che si possono allargare più o meno; e serve a stabilire la comunicazione fra un corpo conduttore elettrizzato, qual sarebbe uno de' conduttori della macchina elettrica, e un altro corpo pur conduttore a cui si voglia far parte di quella elettricità (fig. 11).

Nel costruirlo è d'uopo aver cura di schivare la punte acuminate, dalle quali l'elettricità facilmente sfugge: conviene quindi munir di pallette le estremità più lontane de' due bracci; e il pomo metallico ove essi bracci si congiungono dee avere la superficie tutta tondeggiante, senza spigoli taglienti e senza angoli solidi. Essi bracci poi talora si fan retti, talora anche incurvati colle concavità rivolte l'una all'altra. E il manico di vetro si riveste di cera lacca per un certo tratto nella parte più vicina al pomo.

891. *Isolatore* o *Sostegno isolante*. Serve questo a sostenere ed isolare i corpi onde non perdano l'elettricità loro comunicata. Suol essere una colonna di cristallo inverniciata di gomma lacca o di vernice copal, tenuta verticale su d'un piede, e munita superiormente di un capitello alcun poco allargato per portare i corpi da isolare (fig. 12).

In diversi casi possono servire a quest'uopo de' bastoni di cera lacca, de' fili di seta, delle lamine di vetro inverniciate.

892. *Scabello isolatore*. È uno scabello di legno sostenuto da quattro gambe di cristallo inverniciato. Serve a portare una persona che si voglia elettrizza-

re; con che questa divien capace di presentare tutti i fenomeni di un conduttore elettrizzato, di attrarre i corpi leggieri, di scagliare scintille, di mandar luce nell'oscurità dai peli e da tutte le prominenze acuminate. È d'uopo che in questo scabello il piano superiore di legno abbia gli orli ben tondeggiati; che le gambe non siano troppo corte, che abbiano, p. e., la lunghezza di dieci a dodici pollici; che abbiano inferiormente degli zoccoli di legno collegati tutti e quattro fra loro, avendo cura sì negli zoccoli che ne' collegamenti di schivare le prominenze (fig. 13).

893. *Boccia di Leida.* Parleremo distesamente di questa in altro luogo: qui non diremo altro, se non ch'ella è un fiasco di vetro col collo inverniciato esternamente di cera lacca, col ventre rivestito sì esternamente che internamente di qualche foglia metallica, a' quali rivestimenti si dà il nome di *armature*, e de' quali l'interno può anche esser supplito da acqua o da minuzzoli metallici contenutivi; in fine con una palla o bottone di ottone sporgente dal collo e comunicante coll'interna armatura (fig. 14). Talvolta ha il collo assai largo, talchè rassomiglia a un secchio cilindrico, ed allora le si dà il nome di *Giara* (fig. 15). Talora si usa in sua vece una semplice lamina di vetro rivestita di foglie metalliche da ambedue le facce, e appellata *Quadro Frankliniano.* Qualsivoglia di questi adoperato opportunamente equivale ad un conduttore metallico di grandissima estensione, e serve in molti casi per un ampio magazzino di elettricità.

CAPO II.

DELL' EQUILIBRIO DEL FLUIDO ELETTRICO; E PRIMIERAMENTE DELLA DISTRIBUZIONE DI QUESTO NE' CORPI ISOLATI NON SOGGETTI AD AZIONI ELETTRICHE STRANIERE

894. Essendo il fluido elettrico sottoposto ad azioni attrattive e ripulsive, e godendo ne' corpi conduttori di una mobilità grandissima, non può esso in questa classe di corpi trovarsi in quiete, se non distribuito in modo che tutte le forze operanti su ciascun suo punto si facciano vicendevolmente equilibrio.

Se un corpo conduttore non è soggetto a veruna azione elettrica di altro corpo, e contiene precisamente quella quantità d' elettrico che basta per saturarlo, dee questo fluido, per essere in equilibrio, trovarvisi distribuito uniformemente, ossia per tal modo che ciascuna parte del corpo abbia la sua propria dose naturale; perocchè se in alcuni luoghi l'elettrico eccedesse e in altri mancasse, sarebbe esso dai primi luoghi respinto via e chiamato verso i secondi.

Ma quando in uno di questi corpi si trova una quantità di elettrico o maggiore della dose naturale o minore, la distribuzione di esso elettrico è molto lontana dall' essere uniforme. Per diversi corpi regolari, alcuni valenti Matematici si sono accinti a determinarla col mezzo del calcolo, partendo da alcuni fatti fondamentali dai quali si è potuto scoprire la legge delle azioni elettriche secondo le varie distanze, cioè la legge tanto della ripulsione vicendevole fra le parti del fluido elettrico quanto dell' attrazione di esso colla materia pesante. Ma l' analisi matematica nell' attuale suo stato è ancora assai lontana dal poter dare la soluzione generale del Problema; ond' è che per la maggior parte dei corpi noi non abbiamo che

quelle cognizioni approssimative che si sono potute ricavare dalla sperienza. Noi esporremo qui sotto alcuni de' più generali risultamenti, sì di quelli ottenuti dal calcolo, come di quelli ricavati dalle sperienze.

Risultamenti delle sperienze sulla distribuzione dell'Elettricità ne' conduttori isolati liberi da azioni straniere.

895. *Nozioni generali sulla distribuzione dell'Elettricità positiva.* Quando un corpo conduttore non soggetto ad influenze straniere riceve una quantità d'elettrico oltre alla sua dose naturale, questo *si distribuisce unicamente sulla sua superficie, formandovi uno strato estremamente sottile, e lasciando le parti interne perfettamente allo stato naturale* (1).

Per provarlo si prendono due pezzi di cartone di qualsivoglia figura, coperti di foglia di stagno, e che possano combaciare per gli orli e presentar con ciò l'apparenza di un corpo solido unico; e si fa in modo che nell'atto del combaciarsi vengano a comprendere internamente una palla conduttrice, la quale col giuoco di un filo di seta si possa a piacimento mettere in comunicazione con essi cartoni, oppure tenere isolata (vedi la fig. 16). Se dopo introdotta la palla, e uniti i due pezzi per gli orli, e fatti comunicare questi pezzi colla palla medesima, noi gli elettrizziamo positivamente, e quindi, dopo levata la comunicazione colla detta palla, noi gli allontaniamo l'uno dall'altro, e con un elettroscopio esploriamo lo stato elettrico della palla medesima, noi non vi troviamo nessun segno nè di elettricità positiva nè di elettricità negativa.

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 193, § 456; Cavallo, *Trattato completo* ec. p. 160; Biot, *Traité* ec. t. II, pag. 263; Coulomb, *Memorie dell'Accademia di Parigi pel* 1786, p. 73, ec.

Si può anche provarlo a quest'altro modo. *AB* (fig. 17) è una coppa emisferica di ottone sostenuta da tre colonnette isolanti, e munita di un coperchio *CD* pure emisferico, dal quale per un foro centrale passa un cordoncino *EF* di seta portante una palla metallica *G*. Si lascia discendere il cordoncino, con che la palla va a toccare il fondo; si elettrizza in più la coppa col coperchio; si alza quindi il cordoncino, il quale comincia a staccare la palla dal fondo, e dopo coll'ajuto di un nodo *n* leva in alto anche il coperchio, ed estrae isolata la palla. Si esplora allora quest'ultima, e si trova affatto priva di elettricità.

Osservazione. Che l'elettrico eccedente debba accumularsi di preferenza verso la superficie dei corpi, è cosa facile a concepirsi, quando si ammetta che le sue parti si repellano a vicenda. Supponiamo in fatti per un momento che esso sia distribuito uniformemente in qualche corpo: scegliamo in questo un punto poco al di sotto della superficie, e immaginiamo che per questo punto passi un piano, il quale dall'una banda lasci un segmento assai piccolo e dall'altra uno assai grande; egli è chiaro che il fluido sovrabbondante nel segmento maggiore eserciterà una maggior forza ripulsiva su d'una molecola d'elettrico esistente nel punto considerato, che non il fluido sovrabbondante nel segmento minore. Dovrà quindi quella molecola d'elettrico muoversi e portarsi maggiormente verso la superficie. E così dovrà avvenire in tutti gli altri punti vicini alla superficie medesima. Che poi debba tutto il fluido sovrabbondante ridursi alla superficie, senza che punto ne rimanga internamente, è cosa che dipende dalla particolar legge della ripulsione, nè si può dimostrare con questi ragionamenti generali.

896. Si ammette dai Fisici che il fluido sovrabbondante distribuito in un corpo conduttore sia limitato esteriormente dalla superficie del corpo medesimo senza punto insinuarsi nell'aria contigua, e

che perciò quel piccolissimo spazio solido che da esso si stima occupato, sia tutto al di sotto della superficie suddetta. Osserva in fatti Coulomb che se con due uguali fili di rame, l'uno nudo e l'altro coperto per gran tratto di cera lacca, si tocca un medesimo corpo elettrizzato, tutti e due prendono la medesima dose di elettrico (1).

Credesi poi che questo spazio consista, come si è detto, in uno strato estremamente sottile, più sottile forse di quanto è visibile con qualsivoglia fortissimo microscopio. E infatti, secondo Pouillet, un globo coibente rivestito di una sottilissima foglia d'oro venendo messo al contatto di una palla conduttrice elettrizzata, toglie a questa quella stessissima quantità di elettrico come un globo metallico che sia bensì voto internamente ma fatto con una grossa lamina, od anche come un globo metallico pieno, purchè quello e questi abbiano lo stesso diametro (2).

Osservazione. L'elettrico, come vedremo, può trovarsi più o meno accumulato ne' diversi punti della superficie di un corpo elettrizzato, secondo la particolar posizione di cotali punti; e anche in un determinato punto di un corpo esso elettrico si trova talora più accumulato e talora meno, secondo che è maggiore o minore la totale quantità che in quel corpo è sovrabbondante. Ora in quelle circostanze nelle quali l'accumulamento è maggiore, alcuni stimano che l'elettrico formi uno strato proporzionatamente più grosso, ma sempre della stessa densità, opinando che esso fluido occupi ne' corpi uno spazio esattamente proporzionale alla sua quantità; potrebbe in vece altri opinare che in quelle circostanze lo strato elettrico sia non già più grosso, ma bensì più denso; e nel fatto forse av-

(1) *Memorie dell'Accademia di Parigi pel* 1787, pag. 452. Veggasi anche l'*Elettricismo artificiale* di Beccaria, pag. 173, § 415; Priestley, *Histoire* ec. t. II, 44.

(2) *Élémens de Physique*, t. I, Parte II, p. 575.

viene che ai maggiori accumulamenti corrisponda simultaneamente e una maggiore grossezza dello strato elettrico e una maggiore densità (*).

Comunque sia, io riferirò ciascuna molecola del fluido sovrabbondante in un corpo a quel punto della superficie che sta direttamente sovrapposto; e allorquando avrò a dire che cotal fluido sovrabbondante è, secondo un tale supposto, più accumulato in un punto della superficie che in un altro, o che nel punto medesimo egli è più accumulato in una che in un' altra circostanza, io dirò con Coulomb che esso fluido ha maggior *densità* nell' un caso che nell' altro, senza intendere con ciò di decidere se il maggiore accumulamento consista esclusivamente in una reale maggiore densità, ovvero risulti in tutto o in parte da una maggiore grossezza dello strato elettrico.

897. Ma tornando ai fatti, e venendo a parlare della diversa *densità* che può aver l'elettrico ne' varii luoghi della superficie di un conduttore isolato, corrispondentemente a una data quantità di elettrico che in esso sovrabbondi, ella è prima di tutto cosa evidente che ne' corpi sferici questa densità è dappertutto uniforme.

Nei corpi non isferici si è trovato che *la densità dell'elettrico sovrabbondante è maggiore nelle parti più prominenti della superficie, minore nelle parti meno prominenti, piccolissima e insensibile nelle parti cave*. E se si tratta di un sistema di corpi, isolato anch'esso ed elettrizzato, *il fluido sovrabbondante si trova distribuito quasi unicamente nelle parti più esterne del sistema, lasciando le interne quasi allo stato naturale*. Possiamo avere di ciò una prova convincentissima e facilissima nel così detto *Pozzo di Beccaria*, il quale è un largo e alto cilindro di latta

(*) Poisson, *Memorie dell'Istituto di Francia, Classe Matem. e Fis. anno* 1811, Parte I, p. 3 e 16; Biot, *Traité de Physique*, t. II, p. 266.

chiuso da una delle basi mediante un fondo piano, e dall'altra aperto. Collocato questo su di un isolatore colla bocca volta all'insù, comunicatovi del fluido elettrico, e calatavi in sino al fondo una palla metallica ritenuta dalla mano mediante un cordoncino di seta e lasciatavela un istante a contatto, e quindi levata via per mezzo di esso cordoncino, coll'avvertenza che ella non tocchi nè le pareti nè gli orli del pozzo, si trova che ella non dà il minimo indizio di elettricità. All'incontro questa palla si elettrizza assai sensibilmente facendole di poi toccare il pozzo esteriormente. Questa palla suol dirsi la *secchia* (1).

Coulomb pose tre globi conduttori a vicendevole contatto, co' centri in una stessa linea retta, de' quali globi i due estremi erano eguali, ma il medio assai minore, non arrivando il suo diametro al sesto di quello degli altri due. Isolato ed elettrizzato il sistema, e quindi separato ed esplorato il globo di mezzo, non vi trovò elettricità sensibile (2).

Si ha di qui la ragione della seguente sperienza. Si prenda un elettrometro a pagliette munito di un cappello alquanto largo, e si unisca quest'ultimo col fondo pure metallico dello strumento per mezzo di più liste metalliche che scendano da varie bande tutto all'intorno della bottiglietta, rivestendone in parte la superficie laterale. Isolato il piccolo apparecchio, ed elettrizzatolo, le pagliette non divergono.

Noteremo poi che un conduttore o un sistema di conduttori isolato ed elettrizzato in più non ha nessun punto allo stato negativo; ma sotto la superficie ha dappertutto lo stato naturale, e alla superficie dappertutto lo stato positivo.

(1) Questa sperienza, dovuta primitivamente a Franklin, venne dappoi studiata diligentemente ed analizzata da Beccaria. Priestley, *Histoire* ec. III, 460; Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 184, § 442.

(2) *Memorie dell'Accademia di Parigi*, an. 1787, p. 446.

È altresì cosa degnissima d'esser notata che nella ripartizione dell'elettrico sovrabbondante in due o più conduttori comunicanti elettrizzati in più, non ha parte veruna la particolare natura chimica di questi. Toccando un globo elettrizzato in più con un altro globo della stessa grandezza ma di diversa natura, il fluido sovrabbondante si distribuisce esattamente metà nell'uno e metà nell'altro (1). Un'ultima osservazione si è che raddoppiandosi o triplicandosi la quantità dell'elettrico eccedente in un corpo, si duplica o si triplica contemporaneamente la densità di esso elettrico in tutti i punti della superficie, di maniera che il rapporto delle densità corrispondenti a parecchi di tali punti è sempre il medesimo (2).

898. *Nozioni particolari.* Sulla distribuzione dell'elettrico in diversi corpi particolari e in diversi sistemi di corpi fra loro comunicanti, conduttori sì gli uni che gli altri, fece molte sperienze Coulomb per mezzo della sua *Bilancia elettrica.* Consiste questa in un sottilissimo filo verticale d'argento sostenente un braccio orizzontale di gomma lacca (3), il qual braccio porta dall'una delle estremità una palletta di midollo di sambuco e dall'altra un piccolo contrappeso di carta inverniciata con trementina. Questo filo è superiormente appeso a un pezzo metallico, girevole orizzontalmente col mezzo della mano, venendo segnato il movimento su di un cerchio opportunamente graduato. Essa bilancia sta chiusa dentro ad una campana cilindrica di vetro che la difende dalle agitazioni dell'aria. E tale campana è cinta da una zona di carta divisa in 360 parti, mediante le quali vengono indicati i gradi di cui si piega il braccio della bilancia

(1) Coulomb, *Memorie dell'Accademia di Parigi,* 1786, p. 69.
(2) Biot, *Traité* ec. t. II, p. 268.
(3) *Memorie dell'Accademia di Parigi,* 1785, p. 569; 1787, p. 422.

medesima allorquando questa si pone in esperienza (Vedi la fig. 18).

Nella costruzione di questo apparecchio si debbono schivare con diligenza le sostanze conduttrici specialmente nel contorno della campana, sì internamente che esternamente; perocchè queste, come vedremo nel Capo III, potrebbero acquistare un'elettricità contraria a quella dei corpi che si cimentano e turbare i risultamenti: giova perciò intridere la sopraddetta zona di carta in qualche vernice coibente. Nell'interno della campana è bene tener secca l'aria col porre in sul fondo un vaso con del muriato di calce diseccato (cloruro di calcio), allo scopo che più lentamente si dissipi l'elettricità de' corpi introdottivi.

Per riconoscere col mezzo di questa macchinetta la distribuzione del fluido elettrico nelle varie parti di un corpo elettrizzato, si comincia a dare alla palletta della bilancia un' elettricità omologa a quella di esso corpo, cioè, nel caso presente, un' elettricità positiva, e ciò col mezzo di qualche altro corpo calato sino al di lei contatto da un foro che vi è nel fondo superiore della campana. Di poi si prende un piccolo disco di carta dorata portata da un manico isolante, al qual disco Coulomb dà il nome di *piano di prova*; e con questo si tocca per piatto uno de' punti della superficie del corpo elettrizzato, con che vien tolta una quantità d'elettrico proporzionale alla densità di questo fluido nel punto toccato, come Coulomb si è assicurato con esperienze apposite. E quindi si introduce un tal disco nella campana, calandolo dal già detto foro sino a un tal punto e per tal modo, da poter essere toccato nel centro dalla palletta quando questa non fosse elettrizzata e venisse fatta opportunamente girare; il quale toccamento però non succede, giacchè la palletta viene respinta. In fine si riduce questa palletta, mediante un conveniente movimento del pezzo girevole, ad una determinata distanza dal

disco, ad una distanza, p. e., di 20 divisioni della zona graduata; e si guarda il numero de' gradi de' quali è contorto il filo, numero che misura la forza con cui il disco respinge la palletta (tomo I, pag. 122). Ciò fatto si estrae il piano di prova, gli si fa toccare un altro punto del corpo elettrizzato, e introdottolo di nuovo, si riconduce la palletta alla stessa distanza di poc' anzi, e si misura il nuovo numero de' gradi d'attorcimento del filo, il quale dà la grandezza della nuova ripulsione; e il rapporto de' due numeri de' gradi d' attorcimento, ossia delle due ripulsioni, indica il rapporto delle densità dell' elettrico ne' due punti del corpo elettrizzato che sono stati toccati dal piano di prova. Siccome però durante le due sperienze un po' d'elettrico si dissipa sì nella palletta come nel corpo elettrizzato, così si fa una terza sperienza simile alla prima, e si paragona la seconda col medio risultamento della prima e della terza. Con ciò si ha il rapporto delle densità dell' elettrico in due punti *A* e *B* del corpo elettrizzato. Con altre tre simili prove può aversi il rapporto medesimo fra il punto *A* e un terzo punto *C* ec. (1). Alle volte con questa bilancia si esplorano le quantità totali di elettrico che ripartisconsi fra due o più corpi posti a contatto; nel qual caso vi si introduce direttamente uno di essi corpi avanti e dopo compartita la sua elettricità agli altri. Ecco in breve alcuni risultamenti ottenuti dal suddetto Coulomb con siffatta macchinetta (2).

Elettrizzato positivamente un cilindro terminato da due mezze sfere, l'elettrico sovrabbondante è più condensato sulle superficie di queste ultime che non su quella del cilindro frapposto. In una serie di uguali palle disposte in linea retta la quantità d'elettrico eccedente in ciascuna va aumentandosi dalle medie

(1) *Mem. Acc. Par.* 1787, p. 425.
(2) *Ibid.* 1787, p. 421 e seg.; 1788, p. 617 e seg.

alle estreme. Elettrizzate due palle uguali poste a contatto, le parti cui corrisponde la minima densità dell'elettrico sono quelle vicine al punto di contatto, e cresce questa densità a proporzione che si va più lontano da un tal punto. Messa una palla piccola a contatto di una grande, il fluido elettrico è più addensato sulla superficie della minore che non su quella della maggiore; però quest'ultima, in grazia della maggiore estensione superficiale, ne contiene una maggiore quantità totale.

899. A dare però una chiara idea di questa distribuzione dell'elettrico, stimo che niente possa giovare quanto un'esposizione circostanziata di varii risultamenti particolari. Soggiungo perciò qui sotto i principali ottenuti da Coulomb. Avvertirò per una volta, che i corpi dei quali qui si parlerà sono tutti conduttori, e che essi, o solitarii che sieno o uniti parecchii insieme, si suppongono isolati dagli altri corpi. Ad alcuni di tali risultamenti ho aggiunti quelli trovati corrispondentemente da' calcoli di Poisson; de' quali calcoli farem parola poco innanzi.

Distribuzione dell'Elettrico ne' diversi punti di due globi di egual diametro, posti a vicendevole contatto. Cominciando dal punto del vicendevole contatto sino a una distanza di 20° da esso, la densità dell'elettrico (e sempre intendesi di quello sovrabbondante) è

	osservaz.	calcolo
(da esso, sino a 20°) . . .	0,0	0,0
alla distanza di 30° è	0,21	0,171
di 60°	0,80	0,746
di 90°	1,00	1,000
di 180°	1,05	1,141 (1)

Questa distribuzione è resa sensibile nella fig. 19, colla

(1) Coulomb, *Mem. Acc. Par.* 1787, p. 439, 441; Poisson, *Mem. dell'Istit. Franc. Cl. Mat.* 1811, Parte I, p. 76 e 80. Questi numeri da me registrati si ottengono da quelli dati da Coulomb e da Poisson ne' luoghi citati prendendoli a rovescio, cioè facendoli divisori dell'unità; perciocchè i numeri dati da questi autori esprimono la densità dell'elettrico alla distanza di 90° divisa per la densità corrispondente agli altri punti della superficie. Lo stesso è di alcuni altri de' risultamenti che io esporrò in appresso.

maggiore o minor larghezza della parte punteggiata, e co' numeri scritti internamente.

Si scorge qui come il fluido sovrabbondante distribuito su d'una delle palle respinga quello distribuito sull'altra palla e il faccia condensare ne' punti di questa che sono più lontani dalla prima. Perocchè se le due palle si staccassero e si sottraessero affatto alla loro reciproca azione, il fluido elettrico si distribuirebbe intorno ad esse uniformemente.

900. *Distribuzione dell'elettrico in una serie di globi uguali disposti in linea retta.*

Posti a contatto tre globi eguali, le quantità d'elettrico sovrabbondanti in ciascuno di essi, cominciando da una delle estremità del sistema, sono come segue:

1° 1,34
2° 1,00
3° 1,34 (1)

In una serie di 6 globi uguali le quantità d'elettrico eccedenti, cominciando da una delle estremità, sono come i numeri seguenti:

1° 1,56
2° 1,05
3° 1,00
4° 1,00
5° 1,05
6° 1,56 (2)

In una serie di 12 globi uguali, le quantità suddette sono come i numeri,

1° 1,70
2° 1,13
⋮
6° 1,00
7° 1,00
⋮
11° 1,13
12° 1,70 (3)

(1) *Memorie dell'Acc. di Parigi*, 1787, p. 448.
(2) *Ibid.* 1788, p. 620.
(3) *Ibid.* p. 625.

In una serie di 24 globi uguali, le dette quantità sono espresse da

1° 1,75
2° 1,12
⋮
12° 1,00
13° 1,00
⋮
23° 1,12
24° . . . . 1,75 (*)

Dal che appare che quando i globi sono molti, la quantità d'elettrico decresce rapidamente passando dal primo globo al secondo, ma molto più lentamente passando a' seguenti, di maniera che dopo il secondo globo questa quantità è quasi stazionaria per tutta la serie de' globi insino agli ultimi, dove torna ad aumentarsi come alla prima estremità. La quantità poi che è contenuta in ciascuno de' globi di mezzo è poco più della metà di quella appartenente a' globi estremi.

E per riguardo alla distribuzione particolare in ciascun globo, nei globi medii l'elettricità è diffusa su tanti anelli o zone formate dalla parte di superficie più lontana dall'asse del sistema, ma ne' globi estremi l'elettricità è distribuita anche nei punti opposti a quelli del contatto. Vedi la fig. 20, dove le densità ne' varii punti della superficie de' globi sono indicate dalle diverse distanze fra questi punti e le linee punteggiate.

Osservazione. Che in una fila rettilinea di palle uguali debba il fluido elettrico accumularsi più nelle estreme che nelle medie, è cosa facile a vedersi anche col semplice ragionamento. Se le palle sono p. e. 12, e dopo elettrizzate noi ne allontaniamo dieci, e ne lasciamo a lor luogo soltanto due ad una delle estremità, l'elettrico appartenente a queste due si ripartirà in esse in uguali dosi; ma rimesse a posto le prime dieci, una porzione d'elettrico passerà dalla penultima all'ultima, senza che la penultima punto ne riceva dalla terzultima, perchè non si fa che tornare allo stato primitivo, in cui l'elettrico era già equilibrato. Per conseguenza

(*) *Mem. Acc. Par.* 1788, p. 625.

nello stato d'equilibrio è più elettrizzata l'ultima palla che non la penultima; e lo stesso è all'altra estremità. In qual modo particolare poi debba esso elettrico ripartirsi fra le diverse palle, è cosa che l'ordinario ragionamento non può ritrovare.

901. *Distribuzione dell' elettrico sovrabbondante in un cilindro grosso due pollici, lungo 30, e terminato alle estremità in due emisferi* (1):

Densità nel mezzo del cilindro	1,00
A due pollici di distanza da ciascuna delle due estremità	1,25
Nel luogo ove finisce il cilindro e incominciano gli emisferi	1,80
Alle estremità dell' asse	2,30

Di qui appare che sulla superficie di un cilindro la distribuzione dell'elettrico è assai simile a quella su d'una fila di globi, cioè quasi uniforme per tutta la lunghezza, e rapidamente crescente vicino alle due estremità.

902. *Distribuzione ne' varii punti di due globi diseguali a contatto.*

a) Globi co' diametri nella proporzione di uno a due:

		osservaz.	calcolo
globo picc.lo alla dist.za	di 30° dal contatto, densità	0,06	
	di 60°	0,59	0,556
	di 90°	1,00	1,000
	di 180°	1,33	1,355
globo gr.de alla dist.za	di 6° dal contatto . . .	0,00	
	di 30°	0,67	
	di 90°	0,80	0,804
	di 180°	0,80 (2)	

Si vede da questi numeri che scostandoci successivamente dal punto di contatto, e paragonando le densità dell'elettrico ne' due globi a uguali distanze dal contatto medesimo, in sul principio cresce la densità più prontamente nel globo maggiore, ma poi prestamente cessa in questo di cre-

(1) *Mem. Acc. Par.* 1788, p. 629.

(2) *Ibid.* 1787, pag. 440 e 442; Poisson, *Mem. Istit. Fran. Classe Matem.* 1811, Parte I, p. 77, 78 e 80.

scere più oltre; nel più piccolo in vece la densità cresce in sul principio più lentamente, ma l'accrescimento prosegue più innanzi. Vedi la fig. 21.

b) Globi co' diametri come uno a quattro:

		osservaz.	calcolo
globo picc.lo alla dist.za	di 30° dal cont.° densità	0,0	
	di 45° . . . . . circa	0,25	
	di 90°	1,00	1,00
	di 180°	1,43	1,673 (1)

903. *Densità dell'elettrico nel punto opposto a quello del contatto in un globo elettrizzato cui ne stia congiunto uno maggiore*, chiamando 1 il diametro del globo maggiore, ed 1 la densità media nel medesimo.

Diametro del globo piccolo	Densità dell'elettrico nel globo minore, nel punto opposto a quello di contatto. osservaz.	calcolo
1	1,27	1,322
1/2	1,55	1,834
1/4	2,35	2,477
1/8	3,18	3,087
1/∞	4,0 +	4,207 (2)

904. *Densità media dell'elettrico in due globi di diverso diametro posti a contatto.* Si suppone 1 il diametro del più grande, e 1 la densità media nel medesimo.

Diametro del globo minore.	Densità media dell'elettrico. osservaz.	calcolo
1/2	1,08	1,160
1/4	1,30	1,317
1/8	1,65	1,444
1/∞	2,0	1,645 (3)

905. *Ripartizione dell'elettrico in una serie rettilinea di globi uguali, con un globo maggiore posto a contatto d'una delle estremità della fila e nella stessa linea retta.*

(1) Coulomb, *Mem. Acc. Par.* 1787, p. 442; Poisson, *Mem. Ist. Fr. Classe Mat* 1811, Parte I, p. 79 e 80.

(2) Coulomb, *ibid.* p. 457; Poisson, *ibid.* p. 66 e 68.

(3) Coulomb, *ibid.* p. 437; Poisson, *ibid.* p. 60 e 62.

In due globi a contatto, aventi i diametri come 1 a 4, le densità medie sono espresse come segue:

globo piccolo . . 1,00
globo grande . . 0,77

il che si ha dal § precedente.

In due globi uguali a contatto di uno di diametro quadruplo, cominciando dal più lontano de' globi piccoli, le densità medie sono (1):

primo globo piccolo . . 1,00
secondo globo piccolo . 0,39
globo grande . . . .

In quattro globi eguali a contatto di uno di diametro quadruplo, le densità medie sono:

primo globo piccolo . . 1,00
:
quarto globo piccolo . 0,29
globo grande . . . . . . 0,5 circa (2)

In ventiquattro globi eguali a contatto di uno di diametro quadruplo, cominciando da quello de' globi piccoli che è più lontano dal grande, le densità medie sono:

primo globo piccolo	1,000 ossia	1,70
secondo	0,671	1,14
:		
12°	0,588	1,00
:		
23°	0,476	0,81
24°	0,268	0,46
globo grande	0,463	0,79 (3)

cioè la densità media de' globi minori è quasi stazionaria in tutta la fila, e solo cresce alquanto alla estremità più

(1) *Mem. Acc. Par.* 1788, p. 635.
(2) *Ibid.* p. 636, 640.
(3) *Ibid.* p. 640, 641.

lontana dal globo maggiore, divenendo ivi quasi doppia, e diminuisce alquanto in vicinanza del globo maggiore medesimo, riducendosi ivi circa la metà. La densità media poi del globo grande è alquanto minore di quella di tutta la fila de' piccoli globi presi insieme.

906. *La distribuzione dell' elettrico ne' varii punti di un cilindro congiunto a un globo di un diametro maggiore,* si può arguire da quella de' 24 globi a contatto del globo di diametro quadruplo; e però si può ritenere che la densità del cilindro si mantenga quasi uniforme per tutta la sua lunghezza, ma scemi rapidamente verso il contatto col globo quasi annullandosi, e in vece cresca rapidamente all'altra estremità quasi raddoppiandosi.

907. *Distribuzione dell' elettrico in più cilindri di diversa lunghezza posti a contatto con un globo di maggior diametro.*

Cilindri della grossezza di due pollici, e della lunghezza di pollici 10, 15, 30, con un globo del diametro di otto pollici: la densità media nel globo sta a quella ne' cilindri come 1 a 1,30 circa (1).

Cilindri della grossezza di dne linee, e della lnnghezza uno da 5 a 6 linee, un altro di 6 pollici, e un terzo di 30 pollici, con lo stesso globo del diametro di otto pollici (2).

Densità media	nel globo	1
	nel cilindro lungo da 5 a 6 linee	2
	nel cilindro lungo 6 pollici	8
	nel cilindro lungo 30 pollici . . .	9

908. *Distribuzione dell' elettrico in cilindri egualmente lunghi ma di diversa grossezza posti in comunicazione con un medesimo globo.*

Densità media del globo del diametro di 8 pollici . . .		1,00
di un cilindro del diametro di 8 pollici (3) . . .		0,60
	del diametro di 4 pollici	0,85
	del diam. di 2 pollici, lungo 30 .	1,30
	del diam. di 1 poll., lungo 30 . .	2,00
	del diam. di 2 linee, lungo 30 poll.	9,00

(1) *Mem. Acc. Par.* 1788, p. 646.
(2) *Ibid.* p. 647, 649.
(3) Coulomb non dà la lunghezza nè di questo cilindro nè

Osservazione 1.ª In un cilindro del diametro di tre pollici posto a contatto col globo medesimo del diametro di otto pollici, la densità media sarebbe circa 1,08. E questa sarebbe eziandio all'incirca la densità in quel punto del globo che è più lontano dal contatto. Dal che io deduco che volendo adattare de' globi alle estremità de' conduttori cilindrici delle macchine elettriche, per impedire che in queste estremità l'elettricità non si addensi troppo e non ispruzzi via, il meglio è che i diametri di questi globi sieno dalle 2 ½ alle 3 volte que' de' cilindri rispettivi. Con ciò, a proporzione che cresce la carica elettrica, cresce di pari passo la densità sì nel mezzo de' cilindri che alle estremità, nè v'è il pericolo che l'elettricità cominci a spruzzare in un punto della superficie, mentre negli altri punti è capace di un accumulamento assai maggiore. V. più sotto al § 943.

Osservazione 2.ª Quando i diametri de' cilindri sono assai piccoli in proporzione di quelli de' globi, la densità media in cotali cilindri varia quasi in ragione inversa di questi diametri, di maniera che la quantità totale d'elettrico in essi contenuta non diminuisce gran fatto collo scemare della loro grossezza. Se però i diametri non sono sì piccoli, al loro impicciolirsi la densità media dell'elettrico cresce meno che nella ragione inversa de' diametri, talchè in questi cilindri più grossi la quantità totale d'elettrico scema notabilmente col diminuire delle grossezze. Si può riferire al primo dei suddetti fatti la facoltà che hanno le punte di emettere facilmente l'elettrico, alloraquando si trovano infitte colla base in corpi elettrizzati in più: si possono esse considerare come altrettanti sottili cilindri ove l'elettrico è condensatissimo, e donde può facilmente essere scagliato nell'aria; e in fatti ad avvalorare il confronto mostrano le sperienze che la maggior lunghezza delle punte, conformemente

del seguente; pare però che si possa ammettere di 30 pollici anche nel caso che nol fosse nella sperienza fattane, stantechè ne' grossi cilindri la diversità di lunghezza non fa variare sensibilmente il rapporto fra la densità media de' cilindri medesimi e quella del globo unito (§ 907). V. *Mem. Acc. Par.* 1788, p. 649.

a quanto si è veduto ne' sottili cilindri al § 907, ne favorisce la facoltà emissiva.

909. *Ripartizione dell'elettrico fra un globo e un disco postogli a contatto col centro.* Il diametro del disco era di 16 pollici, quello del globo di 8. E la quantità d'elettrico presa dal disco fu doppia di quella presa dal globo (1).

Biot pubblicò due altri importanti risultamenti da lui trovati ne' manoscritti di Coulomb, e sono i seguenti (2).

910. *Distribuzione dell'elettrico ne' piatti circolari.* Toccava Coulomb questi piatti a diverse distanze dal centro, ora con un piccolo *piano di prova*, ed ora con un capo isolato d'uno spillo. In un piatto di rame del diametro di 10 pollici cimentato a quest'ultima maniera trovò i risultamenti che seguono. Soggiungo ad essi quelli dati corrispondentemente dal calcolo, non però quali si trarrebbero da una formola empirica di Biot, scelta per modo da quadrare ai numeri esposti da Coulomb, ma bensì quali si traggono dalla legge con cui l'elettrico dovrebbe distribuirsi ne' cerchi, secondo che esporremo più innanzi. Manca l'ultimo risultamento del calcolo, stante che non può aver luogo in natura, essendo esso l'infinito e valendo per dischi infinitamente sottili.

Distanze dall'orlo	Densità data dall' osservazione	Densità data dal calcolo
5 pollici (al centro)	1,00	1,00
4	1,001	1,02
3	1,005	1,09
2	1,17	1,25
1	1,52	1,67
0,5	2,07	2,29
0	2,90	

911. *Distribuzione su d'una sottile lamina parallelepipeda.* Una prima sperienza venne fatta con una lamina d'acciajo lunga 11 pollici, larga 1 pollice, e grossa $^1/_2$ linea; la quale Coulomb toccava per tutta la larghezza ora in uno ed ora in altro luogo della lunghezza, col mezzo di un piano di prova lungo 1 pollice e largo 3 linee applicatovi

(1) *Mem. Acc. Par.* 1788, p. 672.
(2) *Traité de Physique*, t. II, p. 273 e 277.

per traverso. Ecco le densità dell'elettrico da lui trovate in questi varii luoghi:

Applicato il piano di prova al centro, densità . . 1,00
A un pollice di distanza da un'estremità 1,20
Applicato all'estremità, ma tutto ancora sovrapposto per piatto alla lamina 2,02
Applicato all'estremità, a modo di prolungamento della lamina medesima 4,01

Osservo che l'ultimo risultamento si arguisce facilmente dal penultimo, considerando che nell'ultimo il piano di prova fa le veci di tutte e due le superficie della lamina pel tratto delle ultime tre linee della lunghezza di questa, e che in vece nel penultimo esso piano di prova supplisce ad una sola di tali superficie.

Avendo ripetuta la sperienza con un'altra lamina egualmente larga ed egualmente grossa, ma lunga 22 pollici, si ebbero i medesimi rapporti fra la densità al centro e quella alle estremità. Il che fa conchiudere che su queste lamine larghe un pollice e lunghe al di là di otto o dieci pollici, la densità dell'elettrico è prossimamente uniforme per quasi tutta la lunghezza, cioè fino a poco più d'un pollice di distanza dalle estremità; e che a questa distanza essa densità si accresce rapidamente sino alle estremità medesime, con una legge che è sempre la stessa per tutte le lamine di quella larghezza e grossezza, qualunque ne sia la lunghezza, purchè maggiore di quegli otto o dieci pollici. Vedesi questa legge di distribuzione rappresentata dalle ordinate della fig. 22. Se poi la lamina ha minore larghezza, deve riescire proporzionalmente più breve lo spazio ove ha luogo l'accrescimento della densità. Questo risultamento che l'elettrico si addensi alle sole estremità, si è già riscontrato anche nei cilindri (§ 901); e sicuramente esso si verifica in tutti i corpi prismatici molto allungati.

912. *Distribuzione dell'Elettricità negativa.* **L'elettricità negativa si distribuisce nei corpi conduttori affatto allo stesso modo come l'elettricità positiva. In un conduttore elettrizzato in meno le parti interne sono interamente allo stato naturale, e la mancanza**

d'elettrico non ha luogo che all'estrema superficie, in uno strato di materia, il quale si stima che venga lasciato affatto privo della sua dose naturale, e la cui grossezza è ove maggiore e ove minore ma dappertutto piccolissima, essendo maggiore ne' luoghi più prominenti, minore in quelli meno prominenti, e quasi nulla nelle parti cave. E in genere vi è tale corrispondenza nei modi di distribuzione delle due elettricità, che se s'incomincia a elettrizzare un conduttore isolato in più, e poscia lo si elettrizza di altrettanto in meno, in ciascuna porzioncella della sua superficie si ha precisamente la seconda volta tanta deficienza d'elettrico, quanta sovrabbondanza vi aveva la prima volta. E lo stesso ha luogo in un sistema di corpi conduttori fra loro comunicanti, ne' quali il difetto d'elettrico si ripartisce secondo quella medesima proporzione secondo cui si ripartirebbe un eguale eccesso. Ed anche in questa ripartizione dell'elettricità negativa non ha veruna parte la natura chimica de' corpi.

Questa corrispondenza si può dimostrare colle stesse prove che si sono citate più sopra, colla sola differenza di dare ai corpi la elettricità negativa in luogo della positiva. Per esempio, nella sperienza della coppa metallica e in quella delle due calotte di cartone, il corpo contenutovi si estrae allo stato naturale anche nel caso dell'elettricità negativa. Dall'interno del pozzo di Beccaria elettrizzato in meno la secchietta che ha toccato il fondo si estrae allo stato naturale, laddove si stacca anch'essa elettrizzata in meno se si mette a contatto della superficie esterna. E tutte le sperienze di Coulomb dal § 898 innanzi si possono ripetere anche coll'elettricità negativa, con risultamenti affatto somiglianti.

Risultamenti del calcolo.

913. Il fatto che il fluido elettrico eccedente in un conduttore sferico *si distribuisce unicamente alla sua superficie lasciando allo stato naturale tutte le parti interne*, guida alla importantissima conseguenza che *le particelle di questo fluido si respingono fra se stesse in ragione reciproca de' quadrati delle distanze.* Questa conseguenza, accennata già da Priestley nel 1766 (1), venne dimostrata la prima volta da Enrico Cavendish nel 1771 (2), ed ammessa poscia dai Matematici che vennero in appresso. Quantunque si trattasse di cosa nota, in vista della sua importanza me ne sono occupato anch'io nella Memoria citata in fine della Prefazione del presente volume, nella prima parte della quale Memoria ho appunto cercato di ridurre elementare e rigorosa la dimostrazione di cotale conseguenza, perchè fosse accessibile anche a chi non è molto inoltrato nelle matematiche. Rimandando alla detta Memoria que' lettori che volessero veder le cose per esteso, mi accontenterò di far conoscere qui sotto il filo de' ragionamenti.

Consiste adunque la dimostrazione nelle seguenti Proposizioni.

I. Una quantità qualsivoglia di una materia repulsiva le cui parti si respingano vicendevolmente in ragione inversa de' quadrati delle distanze, quando ella sia distribuita uniformemente in una superficie sferica, non esercita veruna azione verso i punti collocati all'interno di questa superficie (3).

II. Questa nullità di azione ha luogo eziandio nel caso

(1) *Histoire* ec. III. 463.

(2) *Phil. Trans.* 1771, p. 593.

(3) Questa Proposizione è dovuta a Newton, il quale la dimostrò pel caso di una forza attrattiva; *Princip.* lib. I, Prop. 70. Veggasi anche il *Traité élém. de Physique* di Haüy, t. I, p. 413.

che la detta materia repulsiva formi uno strato sferico di uniforme grossezza, quand'anche sia diversa, se si voglia, la densità di un tale strato alle diverse distanze dal centro, purchè sia uniforme in tutti i punti equidistanti dal centro medesimo; non ha cioè questo strato nessuna azione verso i punti collocati nel vano interno.

III. Nelle due proposizioni precedenti si è supposto che le parti della materia repulsiva operino su d'una porzioncella di materia concentrata in un punto matematico situato al di dentro della superficie sferica o al di dentro dello strato sferico. Ma esse valgono anche quando questa porzioncella di materia collocata internamente sia diffusa in uno spazio di qualche estensione; anche in questo caso cioè ha luogo la detta nullità di azione.

Osservazione. Se lo strato sferico, in luogo di materia repulsiva, fosse formato di materia attrattiva, operante similmente in ragione inversa de' quadrati delle distanze, anche in tal caso esso non eserciterebbe azione veruna su d'una porzione di materia attraibile situata internamente.

IV. Veniamo ora al caso concreto del fluido elettrico, e ammettiamo che questo sia soggetto

1.° A una *ripulsione fra le proprie parti operante in ragione inversa dei quadrati delle distanze;*

2.° A un' *attrazione verso la materia pesante spoglia d'elettrico, operante anche quest'attrazione in ragione inversa de' quadrati delle distanze;* l'esistenza e la legge della quale attrazione sono una necessaria conseguenza dell'esistenza e della legge della precedente ripulsione e del fatto che un corpo contenente una opportuna quantità d'elettrico non manifesta alcuna azione verso l'altro elettrico a qualsivoglia distanza.

E supponiamo che un conduttore sferico contenga una quantità d'elettrico maggiore della dose naturale. Io dimostro che questa quantità d'elettrico, formata della dose naturale e della porzione sovrabbondante, non può sotto l'azione delle accennate due forze trovarsi in equilibrio entro esso corpo, se non allorquando la porzione sovrabbondante sia distribuita in uno strato superficiale di uniforme grossezza e di uniforme densità in tutti i punti equidistanti dal centro, rimanendo le parti interne allo stato

naturale: anzi se in sul principio esso fluido elettrico è distribuito in altra maniera, egli è sollecitato, secondo ch'io dimostro, a muoversi di tal guisa da avvicinarsi all'indicata distribuzione.

V. Con questa distribuzione superficiale però sarebbe impossibile l'equilibrio del fluido elettrico contenuto nella detta sfera, se essendo esso fluido soggetto a una ripulsione fra le proprie parti e ad un'attrazione verso le parti della materia pesante spoglia d'elettrico, operassero queste due azioni secondo una legge diversa da quella de' quadrati reciproci delle distanze.

VI. Segue da tutto ciò essere la sola legge della ragione inversa dei quadrati delle distanze quella che in un corpo sferico può ridurre e mantenere alla superficie il fluido elettrico sovrabbondante, lasciando allo stato naturale tutte le parti interne. Perciò è questa la sola legge i cui risultamenti sieno conformi al fatto, e questa dobbiamo ritenere esser quella impiegata dalla natura.

Osservazione. Sull' intima essenza della ripulsione fra le parti dell'elettrico, che è la forza qui sopra principalmente considerata, nulla si determina cogli accennati ragionamenti. Se alcuno vuol considerare questa ripulsione come una forza propria dell' elettrico, tale cioè che sussisterebbe ancora quando tutto venisse a mancare in natura, trattone questo fluido, e se un altro vuol riguardarla come una conseguenza di altre cause, di maniera che ella debba cessare al distruggersi di tutto ciò che è diverso dall' elettrico, sono essi egualmente liberi di così pensare. Dai suddetti ragionamenti risulta soltanto, che se l'elettricità vitrea nasce dall'accumularsi ne' corpi un particolar fluido oltre ad una data dose, *ogni particella di questo fluido tende ad allontanarsi dal luogo ove ne esiste un'altra, con una forza che varia in ragione inversa del quadrato delle distanze.*

Torneremo su cotal questione nel Capitolo VII riguardante *le Attrazioni e Ripulsioni elettriche.*

914. *Distribuzione dell'Elettricità positiva.* Per mezzo di questa importantissima legge si possono risolvere molte questioni matematiche riguardanti l'equilibrio del fluido elettrico.

Si può prima di tutto dimostrare l'importante Teorema

che qualunque sia la forma di un conduttore elettrizzato in più, il fluido sovrabbondante dee distribuirsi unicamente alla sua superficie, lasciando le parti interne perfettamente allo stato naturale, appunto come mostra la sperienza. Di questo Teorema, del quale non m'è ancora avvenuto di trovare in verun libro una dimostrazione generale, io ne ho data una nella seconda parte della Memoria precedentemente citata. Però anche di questa dimostrazione io non farò qui conoscere che la sostanza de' ragionamenti adoperati.

I. Ammetto prima di tutto come dimostrati i seguenti due Lemmi:

1.° *Che una data quantità di una materia repulsiva uniformemente distribuita in una superficie sferica e operante in ragione inversa de' quadrati delle distanze, non esercita azione alcuna all'interno di questa superficie* (Prop. I del § 913);

2.° *Che una tale quantità di materia esercita verso i punti esterni la medesima azione totale, come se fosse tutta concentrata nel centro della detta superficie.* Questa Proposizione è dovuta, al pari della precedente, a Newton, il quale la dimostrò pel caso dell'attrazione universale (*), e chiunque conosca il calcolo integrale può agevolmente verificarla da se.

II. Abbiasi (fig. 23) un corpo C di qualsivoglia figura. Sotto la sua superficie che diremo S, se ne immagini un'altra S' descritta ad arbitrio, colla sola condizione che abbia tutti i suoi punti vicinissimi alla S. Asserisco che una quantità M della materia repulsiva già supposta può essere distribuita per cotal modo nell'intervallo SS' fra le due superficie, da non esercitare azione alcuna verso i punti interni. E lo dimostro nel modo che passo a indicare.

Immagino descritta intorno a C una superficie sferica T di un diametro qualsivoglia, purchè questo non superi gran fatto la maggior dimensione D di esso corpo C; e in questa superficie suppongo condensata e uniformemente distribuita una quantità N, diversa dalla M, della detta materia repulsiva; la quale quantità N, pel Lemma 1.°, non potrà eser-

(*) *Phil. Nat. Princip. Mathem.* Lib. I, Prop. 71.

citare alcuna azione sui punti collocati al di dentro di S'. Immagino divisa questa superficie sferica T in una grandissima moltitudine di parti di piccolissime dimensioni, e la porzione di materia appartenente a ciascuna di queste parti la suppongo prima condensata nel rispettivo centro di massa, e quindi diffusa e distribuita uniformemente in una superficie sferica avente quel centro di massa per suo centro e avente un tale raggio ch'ella arrivi a toccare la superficie S'. Colla quale trasformazione una piccola parte della massa N verrà a disporsi nell'intervallo SS', e un'altra molto maggiore si distribuirà in uno spazio solido intorno al corpo C. In quanto alla sua azione verso i punti collocati al di dentro di S', avverrà qualche piccolissimo cangiamento per le concentrazioni delle minime porzioncelle, ma, pel Lemma 2.°, non si avrà nessuna nuova variazione colla successiva diffusione nelle diverse superficie sferiche. Talchè la detta massa N non avrà in fine altra azione verso i punti collocati entro S' che quella derivante dalle dette concentrazioni; e questa col prendere abbastanza numerose e abbastanza piccole le dette porzioncelle può ridursi estremamente piccola.

Dopo questa prima trasformazione ne immagino eseguita una seconda simile su quella parte della massa N che rimane esteriore al corpo C: immagino cioè che lo spazio solido occupato da questa porzione di massa sia distinto in tante parti di dimensioni piccolissime, che le porzioncelle di materia ripulsiva appartenenti a queste parti si vengano a concentrare ne' rispettivi centri di massa, e poi a diffondere uniformemente in tante superficie sferiche aventi i centri di figura in cotali centri di massa e le quali tocchino la S': con che un'altra porzione della detta massa N si disporrà nell'intervallo SS', e la rimanente si diffonderà in uno spazio solido maggiore del precedente. Dopo questa seconda trasformazione ne immagino eseguita una terza affatto simile, poi una quarta, ec. continuando a questo modo sino a che una porzione della materia che vien lasciata all'esterno di C arrivi a passare al di fuori di una grande superficie sferica V concentrica alla T e scelta precedentemente. Arrivato a questo punto continuo ancora le trasformazioni, ma soltanto sulla parte di materia che rimane interposta fra le superficie S e V, e le proseguo in sino a

tanto che fra queste superficie non rimanga più di essa materia che una quantità piccolissima, essendosi il rimanente tutto trasportato parte nell'intervallo SS', e parte al di fuori della superficie V.

Ciò ottenuto, la massa N si troverà formata di tre parti, cioè:

1.° Della parte passata nell'intervallo SS',
2.° Della parte rimasta nell'intervallo $S'V$,
3.° Della parte passata al di fuori della superficie V.

E la sua azione totale si avrà componendo insieme tutti i cangiamenti d'azione operatisi nelle dette successive trasformazioni.

Ora io dimostro che coll'eseguire un numero sufficiente di trasformazioni e col prendere abbastanza grande il raggio della superficie sferica V e abbastanza piccole le dimensioni delle porzioncelle di materia repulsiva considerate in ciascuna trasformazione, si può sempre ottenere che l'azione della parte rimasta nell'intervallo $S'V$, l'azione della parte passata oltre a V, e l'azione della totale massa N, riescano ciascuna minori di qualsivoglia assegnata grandezza q, e che perciò l'azione della massa passata nell'intervallo SS' venga ad essere necessariamente minore di $3q$; e ciò anche quando siasi presa tale la massa N, da riuscire uguale a M la parte trapassata nell'intervallo SS'. Noi possiamo dunque conchiudere che la massa M può essere disposta nell'intervallo SS' per tal modo da esercitare su qualsivoglia punto situato entro S', un'azione minore della quantità $3q$. E siccome questa quantità può essere ridotta minore di qualsivoglia assegnata minima grandezza, senza che la dimostrazione cessi di valere; così io ne inferisco potere la massa M venir disposta per tal modo nell'intervallo SS', da non esercitare assolutamente alcuna azione verso qualsivoglia punto materiale situato al di dentro di S'.

III. L'ottenuta conclusione regge per qualsivoglia sottigliezza dell'intervallo SS'. Si può perciò estenderla anche alla semplice superficie S, e inferirne che *una data quantità di materia repulsiva può essere in siffatto modo distribuita nella superficie di un corpo qualsivoglia da non esercitare veruna azione sui punti materiali situati internamente.*

IV. S'immagini che una data quantità della citata materia repulsiva sia distribuita in uno spazio solido di una figura qualsivoglia, con una densità o uniforme o in qualsivoglia modo variata: io dimostro che *per un qualunque punto preso entro a cotal massa può sempre esser condotta una tale superficie chiusa da lasciare esternamente un inviluppo di detta materia affatto privo di azione verso i punti situati al di dentro* (1)

V. Suppongasi che dentro una superficie chiusa qualsivoglia si trovi contenuta una materia repulsiva respingentesi colla legge più volte indicata, e distribuita con tale rarità da non occupare per se sola che una porzione piccolissima dello spazio compreso sotto essa superficie: coll'ajuto della Prop. IV io dimostro che questa materia non può trovare equilibrio entro a quello spazio se non essendo disposta in uno strato sottilissimo vicino alla detta superficie, di una grossezza opportunamente diversa dall' un punto di questa superficie all' altro.

VI. Ammettasi ora che la materia repulsiva considerata nella Proposizione precedente sia una quantità di fluido elettrico sovrabbondante contenuto in un corpo conduttore cinto da aria secca o da altro mezzo isolante; io concludo dalle cose precedenti che questo fluido non può trovarsi in equilibrio entro un tal corpo se non distribuito in modo da formare un sottilissimo strato superficiale.

915. Ma quale sarà la legge della distribuzione dell'elettrico alla superficie de' varii conduttori?

È questo un Problema difficile, di cui non si è finora ottenuta la soluzione che in pochissimi casi stati trattati dal celebre Poisson (2). In generale essa soluzione consiste nel determinare la densità (o la grossezza, se così più aggrada)

(1) Pe' corpi omogenei pochissimo differenti dalla sfera e soggetti alla gravitazione, questa conseguenza fu già dimostrata da Laplace, il quale si è eziandio occupato a determinare la interna superficie del sopraddetto inviluppo. *Meccanica celeste*, t. II, Cap. II, § 13.

(2) *Memorie dell'Istituto di Francia*, *Classe delle Scienze Matem. e Fis. anno* 1811, Parte I, p. 1 e seg.; Parte II, p. 163 e seg.

che deve avere lo strato del fluido sovrabbondante ne' varii punti della superficie del corpo elettrizzato, affinchè si distruggano a vicenda tutte le azioni esercitate dalle diverse parti di questo strato su qualsivoglia molecola d'elettrico situata al di dentro di esso. Soddisfatta questa condizione, tutto l'elettrico contenuto nel corpo, sì il naturale che il sovrabbondante, si troverà equilibrato; e tutte le azioni operanti su qualsivoglia molecola superficiale del fluido medesimo si uniranno in una risultante perpendicolare alla superficie di esso corpo, e capace d'essere distrutta dalla difficoltà che incontra il medesimo fluido ad abbandonare il corpo e penetrare nell'aria. Ecco alcuni de' risultamenti ottenutisi.

916. In un'*Elissoide* qualsivoglia elettrizzata in più l'elettrico eccedente si può concepire distribuito uniformemente in un sottilissimo strato compreso fra due superficie elissoidiche concentriche, simili e similmente collocate, delle quali la esterna sia quella stessa dell'elissoide elettrizzata (*).

Da un tale risultamento si deduce che in una elissoide di rivoluzione allungata la massima densità dell'elettrico sovrabbondante è ai poli, e la minima all'equatore; e che queste due densità stanno fra loro come l'asse di rotazione al diametro equatoriale.

Se ne deduce altresì che dividendo la suddetta elissoide di rivoluzione allungata per mezzo di molti piani perpendicolari all'asse e fra loro equidistanti, le diverse parti frapposte a questi piani contengono tutte un'egual porzione del fluido sovrabbondante.

917. In un *piano circolare* conduttore cinto all'intorno da un orlo coibente la densità dell'elettrico sovrabbondante va crescendo dal centro alla circonferenza con tal legge, che ne' diversi punti di un qualsivoglia diametro ella è reciprocamente proporzionale alle corde condotte per que' punti perpendicolarmente al diametro medesimo. Il che si deduce dal considerare il piano circolare siccome un'elissoide di rivoluzione estremamente compressa. Si hanno di qui i numeri dell'ultima colonna nella tavola del § 910.

(*) *Ibid.* Parte I, p. 4.

918. Abbiasi una qualsivoglia *lamina elittica* conduttrice cinta da un orlo coibente. Descritte entro la sua circonferenza tante altre periferie elittiche, ad essa concentriche, simili e similmente poste, la densità dell'elettrico sovrabbondante è la medesima in tutti i punti di ciascuna di tali periferie. E passando dall'una periferia all'altra varia la densità con tal legge, che in un qualsivoglia punto C di uno degli assi AB (fig. 24) ella è misurata da

$$\frac{P}{\sqrt{AC \cdot CB}},$$

essendo P un coefficiente di valor costante per tutti i punti di cotale asse. Il che si ricava dal considerare l'elisse siccome un'elissoide a tre assi differenti, l'un de' quali sia estremamente piccolo.

919. Combinando la conclusione or ora esposta con quanto ci mostra la sperienza in diversi casi, si ha che verso il mezzo di una *lunga lista rettangolare*, la densità dell'elettrico sovrabbondante in un punto Q (fig. 25) è prossimamente espressa da

$$\frac{P}{\sqrt{QS \cdot QR}},$$

dove RS è una retta trasversale passante per Q perpendicolarmente alla lunghezza, e P un coefficiente di valor costante per tutta la RS e d'un valore lentissimamente crescente nel passare dalle rette trasversali medie a quelle vicine alle estremità, cessando però la formola d'essere sicura a una distanza dalle estremità uguale a circa due volte la RS. Noi possiamo infatti immaginare la lista proposta siccome ottenuta separando un tratto alquanto lungo della parte di mezzo di una elisse allungatissima mediante due rette perpendicolari all'asse maggiore, levando quindi via i due pezzi laterali di essa elisse, e allargando leggiermente alle due estremità il quadrilatero curvilineo residuo affine di ridurre i due archi elittici alla forma rettilinea. Ora, supposto che l'elisse fosse dapprima elettrizzata in più, la distribuzione iniziale dell'elettrico nella lista separatane sarebbe stata

appunto quella indicata dalla formola enunciata, essendovi costante il valore di *P;* e questa distribuzione può venire alterata pochissimo colle operazioni successive, e immaginando aggiunta una piccola quantità d'elettrico da essere distribuita specialmente alle due estremità, e di tale massa da fare che nel centro del quadrilatero rimanga la densità iniziale. Del che ci persuaderemo considerando che elettrizzata in più una fila lunghissima di uguali palle conduttrici, e tolte quindi via contemporaneamente da questa fila due uguali serie di esse palle, talchè ne restino soltanto diciannove o venti nella parte di mezzo, e in fine aggiunto a queste un po' d'elettrico tanto che nell'una o nelle due di mezzo se n'abbia ancora la quantità primitiva, la distribuzione finale in tutte le quindici o sedici intermedie sarà pochissimo diversa da quella iniziale (§ 900). Per maggior persuasione possiamo rammentarci la distribuzione lungo una lastra parallelepida (§ 911), e fare con essa un ragionamento simile a quello colla fila delle palle.

920. Per dar ragione della grande densità dell' elettrico nelle *punte acuminate*, Poisson assomiglia queste ai poli di sottili e lunghissime elissoidi di rivoluzione (*). Appare poi anche dalla dimostrazione esposta poco sopra al § 914, che le parti più prominenti di un corpo debbono essere le più elettrizzate, essendo esse quelle ove più frequentemente nelle trasformazioni descritte la superficie del corpo dee venir incontrata dalle diverse superficie sferiche in cui si diffondono le porzioncelle di materia repulsiva.

Si occupò esso Poisson anche della distribuzione sulle sferoidi poco differenti dalla sfera; ma trattone il caso ch'esse sieno elissoidiche, le soluzioni ottenute sono soltanto approssimative.

Estese altresì i suoi calcoli alla distribuzione sulle superficie di *due globi vicendevolmente toccantisi, sieno questi uguali fra loro o sieno diseguali;* e ne ottenne i risultamenti che noi abbiamo già esposti superiormente ai §§ 899, 902, 903 e 904. E si occupò eziandio della distribuzione in *due globi lontani dal contatto;* ma di questa ci accadrà di fare un cenno sul fine del Capo seguente.

(*) *Mem. cit.* p. 6.

921. *Osservazione* 1.ª Può alcuno riflettere che i calcoli di Poisson sono stati instituiti nella supposizione che sia vera l'ipotesi de' due fluidi. Egli è però facile a vedersi che i risultamenti ottenuti possono aversi appuntino anche nell'ipotesi di Franklin, purchè si ammettano anche in questa le medesime forze. Il che appunto si verifica se, come abbiamo operato noi, si fa che l'unico fluido contenuto ne' corpi secondo i Frankliniani o *Unitarii* rappresenti il fluido vitreo de' *Dualisti*, e alla materia pesante de' corpi sieno attribuite le stesse forze che questi ultimi ammettono nel fluido resinoso. Se infatti, dopo che i due fluidi del sistema dualistico hanno presa in un corpo una tale distribuzione da trovarvisi equilibrati, noi fingiamo tolta la mobilità al fluido resinoso, l'equilibrio del fluido vitreo non può minimamente venire disturbato. Nè in quest'equilibrio dovrà avvenir cangiamento, se inoltre il fluido resinoso si renderà inseparabile dalla materia, e se infine esso fluido resinoso si toglierà affatto e tutte le sue proprietà si daranno alla materia medesima.

Osservazione 2.ª Dall'ispezione de' § 899, 902, 903, 904, 910, si riconosce non esservi un perfetto accordo fra i calcoli e i risultamenti delle sperienze; però le discordanze sono di tale picciolezza da potersi tutte attribuire ad imperfezione delle sperienze medesime.

Osservazione. 3.ª Abbiam detto sul fine del § 897 che la ripartizione dell'elettrico sovrabbondante in due conduttori fatti comunicare insieme, non dipende punto dalla loro natura chimica. Ora la ragione di questo si è, che le forze le quali debbono vicendevolmente equilibrarsi nella distribuzione dell'elettrico in un corpo o in un sistema di corpi elettrizzati in più, sono unicamente le forze ripulsive esercitate dalla parte sovrabbondante del fluido medesimo, senza che l'altro elettrico e la materia pesante saturata da questo vi abbiano influenza veruna.

Osservazione 4.ª Abbiamo ivi altresì detto che al variare della quantità dell'elettrico sovrabbondante, la densità di questo si cangia nella stessa proporzione in tutti quanti i punti della superficie del corpo. Ora ciò è chiaro se si rifletta, che in un sistema equilibrato di forze l'equilibrio di queste sussiste ancora col cangiarsi di esse tutte in una medesima ragione.

922. *Distribuzione dell' Elettricità negativa.* Abbiam detto al § 912 che la distribuzione dell'elettricità negativa è affatto simile a quella dell'elettricità positiva. Ora si può dimostrare tanto co' ragionamenti quanto col calcolo non potere la cosa essere altrimenti, purchè solo si ammetta, come si è già esposto al § 913, che la materia pesante scevra d'elettrico attragga questo fluido in ragione inversa del quadrato delle distanze. Perciocchè se in un corpo qualunque si fanno vicendevolmente equilibrio le forze repulsive operanti su di un dato punto dell'elettrico naturale interno, allorquando alla superficie è distribuita con certa legge una quantità di fluido sovrabbondante, l'equilibrio in questo punto continuerà a sussistere anche quando tutte queste forze, conservando la stessa grandezza, divengano attrattive, cioè quando sotto la superficie medesima venga in vece a formarsi uno strato di materia mancante d'elettrico, la grossezza del quale strato sia ne' diversi punti proporzionale alla corrispondente densità del fluido precedentemente sovrabbondante.

923. *Osservazione* 1.ª A questa somiglianza di distribuzione delle due contrarie elettricità può alcuno opporre, che trattandosi dell'elettricità positiva il fluido sovrabbondante disposto alla superficie è capace di acquistare densità grandissime, quando le sue parti permettano un sufficiente ravvicinamento; laddove, per riguardo all'elettricità negativa, lo spogliamento d'elettrico nelle molecole superficiali non può passar oltre all'assoluta privazione. Dal che può nascere, che, a parità di deficienza e di sovrabbondanza in un medesimo corpo, sia diversamente grosso lo strato elettrizzato, e in conseguenza di ciò debba esservi qualche differenza nella distribuzione delle due elettricità. Senza negare la legittimità di cotale conclusione, osservo che siffatta differenza dee sempre essere piccolissima. Perocchè se noi immaginiamo che lo strato del fluido sovrabbondante in un corpo cresca di grossezza verso l'interno, col muoversi delle sue molecole normalmente alla superficie del corpo medesimo, sino ad acquistare il volume, supposto assai più grosso, dello strato privo d'elettrico corrispondente a una pari deficienza, e sino ad avere in questo volume una densità uniforme, saranno sempre piccolissimi in questo spostamento

i movimenti delle molecole d'elettrico, piccolissimo lo squilibrio che avverrà nelle forze esercitate dalle parti del detto strato, piccolissimo similmente lo squilibrio che si avrà rovesciando ne' varii punti elettrizzati la nàtura dell'elettricità, e piccolissimo in fine il cangiamento di distribuzione necessario a ricomporre l'equilibrio.

924. *Osservazione* 2.ª Abbiam detto (§ 912) che la natura chimica de' corpi non ha influenza veruna nemmeno nella ripartizione dell'elettricità negativa. Il che non è forse d'una evidenza sì intuitiva come nel caso dell'elettricità positiva, operando qui l'attrazione della materia verso l'elettrico, la quale attrazione può per avventura essere diversamente energica secondo la qualità di essa materia. Ma è da osservare che togliendo delle uguali quantità di elettrico a due corpi simili di forma ma di natura diversa, e ripartendo la sottrazione con egual legge sotto i varii punti delle due superficie, debbono nelle parti omologhe di queste superficie manifestarsi delle uguali forze attrattive verso due qualsivoglia molecole d'elettrico similmente situate l'una rispetto all'un de' corpi, l'altra rispetto all'altro, sia nell'interno di essi corpi sia all'esterno; stantechè queste forze sono uguali alle ripulsioni che verrebbero esercitate dal fluido sottratto. Bensì potrà avvenire che gli strati della materia deficiente sieno diversamente grossi ne' due corpi, essendo più sottile quello ove la materia a pari volume attrae più fortemente l'elettrico: ma attesa la somma sottigliezza che sempre hanno cotali strati, questa differente grossezza non può influire sensibilmente sulle azioni esercitate dalle varie parti di questi corpi. Se pertanto da un sistema di corpi conduttori elettrizzati in meno, ne verrà tolto uno e sostituito un altro di diversa natura, ma eguale nella forma e similmente situato, e di più mancante della medesima quantità d'elettrico, con una simile distribuzione nell'elettricità negativa, l'equilibrio che aveva luogo dapprima sussisterà anche dappoi, al più con un cangiamento di distribuzione affatto leggerissimo.

925. *Osservazione* 3.ª Ne' precedenti ragionamenti noi abbiamo assunto che la ripulsione e l'attrazione che il fluido elettrico soffre da se stesso e dalla materia pesante operino liberamente attraverso a' corpi. Senza pretendere che

dai fatti finora esposti possa questa legge riguardarsi come pienamente dimostrata, ci limiteremo a dire che cotali fatti le sono pienamente conformi. Ne vedremo però delle prove sicure nel Capitolo seguente.

926. *Osservazione* 4.ª Giacchè siamo nelle cose speculative, rimarrebbe a parlare del luogo occupato dall'elettrico entro i corpi, e a vedere s'egli stia libero nell'intervallo fra le diverse molecole, s'egli stia aderente ad esse cingendo ciascuna all'esterno, ovvero finalmente s'egli occupi lo stesso luogo, seco loro compenetrandosi. Molti Fisici sono della prima opinione (*); l'ultimo s'accorda meglio coll'idea di chi reputa le due elettricità siccome forze proprie della materia (§ 862). Ma il vero è che nulla può asserirsi di certo, sinchè non sia nota la natura di questo principio imponderabile.

Della Capacità per l'Elettrico, della Tensione e della Carica.

927. *Capacità per l'Elettrico; Capacità relativa.* Elettrizzando in più due differenti conduttori toccantisi, prendono essi due quantità d'elettrico generalmente diverse, le quali hanno sempre fra loro un medesimo rapporto, qualunque sia la totale quantità d'elettrico loro comunicata; e questo rapporto è eziandio quello delle due quantità d'elettrico ch'essi corpi perdono quando si elettrizzano in meno. Ora quello di essi ove la quantità d'elettrico o eccedente o deficiente è maggiore, si dice essere *più capace* per l'elettrico, e l'altro essere *meno capace;* e in genere le attitudini di due corpi comunicanti a contenere più o meno elettrico eccedente in paragone l'uno dell'altro se sono elettrizzati in più, o ad esser mancanti d'una maggiore o minor porzione di fluido naturale se sono elettrizzati in meno, si chiama la loro *Capacità relativa* per l'elettrico.

(*) Pouillet, *Élémens de Physique*, t. I, Parte II, p. 549.

Varia questa Capacità relativa 1.° secondo la diversa estensione superficiale de' due corpi; 2.° secondo la loro figura; 3.° secondo la loro vicendevole posizione.

928. In quanto all' *estensione superficiale*, egli è chiaro che se ad una palla metallica del diametro di un pollice, se ne pongono successivamente a contatto prima un' altra dello stesso diametro, poi una del diametro di due pollici, quindi una del diametro di tre, ec.; e a ciascuna volta si comunica una certa dose d' elettrico al sistema delle due palle, la porzione che si ripartirà sulla seconda sarà tanto maggiore quanto più ella sarà grande. Lo stesso avverrebbe se al contatto della prima palla si mettessero successivamente parecchie simili elissoidi di diverso diametro, o parecchi simili cilindri terminati con emisferi; e in genere se ad un corpo qualsivoglia si ponessero successivamente a contatto parecchi altri corpi tutti simili fra loro, ma da esso, se si voglia, dissomiglianti, e l' uno gradatamente maggiore dell'altro; solo è da cercare che il primo corpo sia sempre toccato in uno stesso suo punto, e che gli altri il tocchino con de' punti omologhi fra loro ed abbiano le parti omologhe disposte similmente nello spazio; le quali avvertenze però sono il più delle volte superflue.

Ecco due fatti dimostranti questa influenza dell'estensione superficiale. Abbiasi una serie di tubi metallici che entrino l'un nell' altro alla foggia di que' d'un cannocchiale, scorrendo però senza molto sfregamento. Si adatti il maggiore di essi sopra il cappello d' un elettrometro a pagliette, collocandovelo in direzione verticale e in modo che siavi comunicazione fra metallo e metallo, e al minore de' tubi medesimi si attacchi un bastone di vetro inverniciato. Elettrizzando il sistema, mentre i tubi stanno l'uno nell'altro, e quindi traendoli fuori coll' alzare il bastone di vetro, veggonsi le pagliette diminuire di divergenza, per lo

diminuire della porzione d'elettrico spettante all'elettrometro e alle pagliette medesime. Tornando a chiudere lo strumento, le pagliette riacquistano la primiera maggior divergenza.

Una pieghevole e lunga lamina metallica tesa da un peso sia avvolta a modo di nastro a un cilindro metallico isolato, che comunichi con un elettroscopio, e sia girevole per mezzo di un manubrio di cristallo. Elettrizzato l'apparecchio e quindi svolta la lamina, la divergenza dell'elettroscopio diminuisce; ella cresce in vece se la lamina si ravvolge maggiormente (1).

929. Però ad uguaglianza di estensione superficiale varia la capacità secondo la diversità della *figura*. Il qual fatto, osservato primamente da Monnier il giovane (2), fu poscia messo in più chiara luce da Volta (3). Trovò il primo che una lamina quadrata di stagno della superficie, p. e., di un piede quadrato, piglia una molto minor porzione di elettricità che un lungo bastoncello dello stesso metallo il quale abbia anch' esso una superficie di un piede quadrato. E in generale trovò che di due conduttori uguali in superficie ha più capacità per l'elettrico quello che si stende maggiormente in lunghezza. Volta poi mostrò che avendosi, p. e., a quadruplicare la superficie di un cilindro lungo due piedi e grosso due pollici, si ha molto maggiore accrescimento di capacità col quadruplicarne la lunghezza che non col quadruplicarne il diametro. Poco aumento si ottiene dal solo accrescimento del diametro, dal portare cioè questo dai due agli otto pollici. Maggiore se ne ha ingrandendo un po' meno il diametro, ma in compenso accrescendo anche la lunghezza, raddoppiando, p. e., l'uno e l'altra; e mag-

(1) Biot, *Traité* ec. II, 279.
(2) Volta, *Collezione delle Opere*, t. I, parte I, pag. 213.
(3) *Ibid.*, pag. 167 e seg.

giore ancora se n' ha coll' accrescere la sola lunghezza, portandola dai due agli otto piedi.

Segue da ciò, che volendosi un conduttore molto capace giova abbandonare i grossi e corti cilindri, le sfere, e in genere le figure di molta grossezza e di poca lunghezza, e attenersi in vece ai cilindri sottili e lunghi, procurando che la grossezza arrivi appena a tal segno da impedire che l' elettricità spruzzi via troppo facilmente; a schivare il quale inconveniente osserva il Volta che negli usi comuni può bastare pe' cilindri una grossezza di sei linee (*), adattando però alle estremità loro delle palle levigate alquanto più grosse, per ovviare alla maggiore tendenza che ha l' elettrico a dissiparsi da queste estremità (V. a p. 78). Egli è poi ovvio il vedere, da quanto si è detto a p. 65, che tutti questi conduttori, se sono metallici, giova farli vôti, essendo affatto inutile la materia interna.

930. La capacità relativa per l' elettrico dipende per ultimo dalla *disposizione* de' conduttori. Se, per un esempio, noi disporremo molti conduttori cilindrici intorno ad una sfera, cogli assi divergenti dal di lei centro a guisa di prolungamenti di altrettanti raggi; e se poscia, tolta questa prima disposizione, porremo tutti que' cilindri l' uno in seguito all' altro in una sola linea retta, di cui quella sfera sia collocata ad una delle estremità; noi troveremo la capacità di cotale sfera, rispetto a quella di tutti insieme i cilindri, maggiore d' assai nel secondo caso che non nel primo.

Per un secondo esempio, se si pongono a vicendevole contatto tre palle uguali, in guisa che i loro centri formino un triangolo equilatero (fig. 26), le loro capacità saranno uguali; disponendole in linea retta, come nella fig. 27, la capacità della palla media starà a quella di ciascuna delle estreme come 1 a 1,34 (§ 900).

(*) *Collez.* t. I, parte I, pag. 174.

Mettendo una palla metallica nel concavo di una scodella pure metallica, prenderà quella una quantità d'elettrico assai minore che collocandola sul convesso della scodella medesima, posto che in ambi i casi si comunichi al sistema la stessa dose d'elettrico.

Franklin aveva posta in un catino elettrizzato, da cui pendevano alcuni fili, una catenella metallica ammucchiata, la quale ora egli alzava fuori e distendeva per mezzo di un cordoncino di seta, ed ora la calava nuovamente nel catino. E tutte le volte ch'ei la traeva fuori e l'alzava, la divergenza de' fili diminuiva; all'incontro questa cresceva quando la catenella veniva lasciata discendere. Nel primo caso s'aumentava la capacità della catenella in grazia dello uscire degli anelli dal catino e dello allontanarsi le une dalle altre le loro superficie, il che faceva che minor porzione d'elettrico rimanesse nel catino e ne' fili pendenti; e tutto il contrario avveniva nell'altro caso.

In generale la capacità relativa di un corpo conduttore si mostra tanto più grande, quanto più la sua superficie si trova collocata all'esterno del sistema di cui esso conduttore fa parte.

Questa relativa capacità per l'elettrico può eziandio esser modificata dalla presenza di altri corpi elettrizzati; ma di ciò non è ancor tempo di ragionare.

931. *Capacità assoluta per l'elettrico.* Ma non vi sarà egli un metodo per misurare la capacità de' corpi, mediante il quale queste capacità dipendano soltanto dalla forma e dalla grandezza delle superficie di essi corpi, e sieno affatto indipendenti dalla posizione di questi; talchè avendosi due corpi si possa generalmente asserire, che le loro capacità sono in un dato rapporto, quantunque le loro *capacità relative* presentino infiniti rapporti diversi secondo le infinite maniere di porre cotali corpi insieme? Quando potesse trovarsi un tale metodo, avrebbesi da esso la *Capacità assoluta per l'elettrico*; e questa sarebbe

quella da contemplarsi allorquando un corpo si considera isolatamente.

A me pare che la capacità de' conduttori determinata col paragone delle bocce di Leida goda appunto del suddetto pregio, e che perciò possa essere assunta come capacità assoluta. Avendo infatti messo in comunicazione un conduttore isolato con una boccia di Leida, facendo toccare il bottone di questa con diverse parti di quello, ho sempre ottenuto per tutte le posizioni il medesimo rapporto fra le loro capacità, o al più una differenza piccolissima, attribuibile a inesattezza delle sperienze. Uno de' modi tenuti in queste prove fu il seguente.

Presi un tubo metallico grosso due pollici e lungo due piedi; lo isolai in mezzo ad una camera intorno a un cordoncino di seta che lo attraversava nell' interno. Lo toccai alternativamente co' bottoni di due piccole bocce di Leida, equivalenti fra loro in capacità ed ugualmente cariche, applicando or l'uno di essi bottoni ad un' estremità, ed ora l'altro verso il mezzo, per 30 volte ciascuno, scaricando però il conduttore dopo ogni separato toccamento. In fine paragonai le cariche rimaste alle due bocce, e le trovai diminuite egualmente. Rifeci la sperienza toccando l' estremità del conduttore con quella boccia con cui prima io toccava il mezzo, e toccando il mezzo con quella che prima io applicava all' estremità; e n' ebbi lo stesso risultamento. E ciò più volte di seguito.

932. A paragonare la capacità di un conduttore con quella di una boccia di Leida può servire il seguente metodo, stato già proposto da Cavendish pel paragone delle capacità fra le *Batterie* e un *Quadro frankliniano* (*).

Si cominciano a determinare nella scala di un elettrometro due punti corrispondenti a due quantità d' e-

(*) *Phil. Trans.* 1776, pag. 207.

lettrico l'una doppia dell'altra contenute in un corpo medesimo annesso all' elettrometro. Il che, quando l' elettrometro non sia regolarmente graduato, può ottenersi nel modo seguente. Si prendano due bocce *A* e *B* presso a poco eguali; se ne carichi l'una *A* insino a che l'elettrometro fatto comunicare col di lei bottone arrivi a un dato punto *T;* poscia si ponga essa boccia *A* in comunicazione colla *B*, facendo toccare insieme i due bottoni e tenendo in comunicazione col terreno le due armature esterne, e si osservi fino a che segno scenda dopo ciò l'elettrometro fatto comunicare col bottone di una di esse. Potendo questo non essere il secondo de' cercati punti, attesa la diversità che facilmente può esservi nella capacità delle due bocce, si scarichino queste con diligenza, e si ricominci la sperienza con altro ordine; si carichi cioè la boccia *B* sino allo stesso punto *T*, e poscia si metta in comunicazione essa *B* colla *A*, e si osservi sino a che punto scenda l'elettrometro fatto di poi comunicare con una di esse come poc' anzi. Se questo punto è diverso dal precedente, si prenda quello nel mezzo dell' intervallo fra i due; e questo, che noi indicheremo con *t*, potrà servire pel secondo dei punti ricercati, per quello cioè a cui nelle bocce corrisponde la metà della quantità d'elettrico.

Determinati questi due punti, si isola diligentemente il conduttore di cui vuolsi misurare la capacità, appendendolo, p. e., a lunghi sottili e asciutti cordoncini di seta, e procurando che non si trovino altri corpi in vicinanza di esso, i quali, per ciò che diremo nel Capitolo IV, potrebbero influire sulla sua capacità. Dopo ciò gli si pone in comunicazione una prima volta una qualsivoglia boccia, p. e., la *A* menzionata poc' anzi, caricata previamente fino al segno *T;* poi si allontana essa boccia, e si scarica esso conduttore colla mano. Si torna quindi a mettergli in comunicazione la boccia medesima una seconda volta, e poi ritiratala, lo

si scarica nuovamente. E così si fa molte altre volte, in sino a che la boccia fatta comunicare coll'elettrometro gli faccia segnare il grado t. Chiamato allora n il numero de' toccamenti stati a ciò necessarii, si avrà il numero delle volte che la capacità della boccia contiene quella del conduttore, espresso molto prossimamente da

$$1{,}443 \cdot n - \frac{1}{2},$$

semprechè la n sia maggiore di 7 od 8.

Chiamisi infatti

C la capacità della boccia, valutando, p. e., questa capacità in pollici quadrati d'un vetro armato grosso mezza linea,

c la capacità del conduttore,

E la quantità d'elettrico contenuta nella boccia, allorchè questa fa segnare all'elettrometro il grado T.

Avremo espressa da

$$E \frac{C}{c+C}$$

la quantità d'elettrico rimasta in essa boccia dopo la prima comunicazione col conduttore, e da

$$E\left(\frac{C}{c+C}\right)^2,\ E\left(\frac{C}{c+C}\right)^3,\ \ldots\ E\left(\frac{C}{c+C}\right)^n$$

le quantità rimaste nella medesima dopo due, tre, ... n toccamenti. Ora noi abbiamo per ipotesi

$$E\left(\frac{C}{c+C}\right)^n = \frac{1}{2}E;$$

sarà perciò

$$\left(\frac{C}{c+C}\right)^n = \frac{1}{2}$$

$$(a) \qquad n \text{ Log.} \frac{C}{c+C} = -\text{ Log. } 2$$

$$\text{Log.}\left(1 - \frac{c}{c+C}\right) = -\frac{1}{n}\text{ Log. } 2.$$

Si supponga fatto uso, come lo si può, de' logaritmi iperbolici; avremo

$$\text{Log.}\left(1-\frac{c}{c+C}\right)=-\frac{c}{c+C}-\frac{1}{2}\left(\frac{c}{c+C}\right)^2-\frac{1}{3}\left(\frac{c}{c+C}\right)^3-\text{ec.}$$

$$\text{Log. } 2 = 0{,}6931472.$$

Quindi

$$\frac{c}{c+C}+\frac{1}{2}\left(\frac{c}{c+C}\right)^2+\frac{1}{3}\left(\frac{c}{c+C}\right)^3+\text{ec.}=\frac{1}{n}\,0{,}6931472.$$

Ora noi abbiamo

$$\frac{c}{c+C}+\frac{1}{2}\left(\frac{c}{c+C}\right)^2+\frac{1}{4}\left(\frac{c}{c+C}\right)^3+\text{ec.}=\frac{\left(\frac{c}{c+C}\right)}{1-\frac{1}{2}\left(\frac{c}{c+C}\right)}=\frac{c}{C+\frac{1}{2}c}$$

Sottraendo perciò questa Equazione dalla precedente, e rovesciando l'ordine de' membri nella Equazione risultante, si avrà

$$\frac{1}{n}\,0{,}6931472-\frac{c}{C+\frac{1}{2}c}$$

$$=\left(\frac{1}{3}-\frac{1}{4}\right)\left(\frac{c}{c+C}\right)^3+\left(\frac{1}{4}-\frac{1}{8}\right)\left(\frac{c}{c+C}\right)^4+\left(\frac{1}{5}-\frac{1}{16}\right)\left(\frac{c}{c+C}\right)^5+\text{ec.}$$

$$=\frac{1}{12}\left(\frac{c}{c+C}\right)^3+\frac{1}{8}\left(\frac{c}{c+C}\right)^4+\frac{11}{80}\left(\frac{c}{c+C}\right)^5+\frac{13}{96}\left(\frac{c}{c+C}\right)^6+\text{ec.}$$

$$=\lambda\cdot\frac{11}{80}\left\{\left(\frac{c}{c+C}\right)^3+\left(\frac{c}{c+C}\right)^4+\left(\frac{c}{c+C}\right)^5+\text{ec.}\right\}$$

essendo λ una quantità positiva minore di 1; perciocchè $^{11}/_{80}$ è il massimo de' coefficienti numerici nel medio de' precedenti secondi membri. Adunque

$$\frac{1}{n}\cdot 0{,}6931472-\frac{c}{C+\frac{1}{2}c}=\lambda\cdot\frac{11}{80}\cdot\left(\frac{c}{c+C}\right)^3\frac{1}{\left(1-\frac{c}{c+C}\right)}$$

$$=\lambda\cdot\frac{11}{80}\cdot\frac{c^3}{(c+C)^2\,.\,C};$$

$$\frac{1}{n} \cdot 0{,}6931472 = \frac{c}{C + \frac{1}{2} c} \left\{ 1 + \lambda \cdot \frac{11}{80} \cdot \frac{c^2 \left(C + \frac{1}{2} c \right)}{\left(c + C \right)^2 \cdot C} \right\}$$

$$= \frac{c}{C + \frac{1}{2} c} \left\{ 1 + \lambda . \frac{11}{80} \cdot \frac{c^2}{C^2} \cdot \frac{C}{C + c} \cdot \frac{C + \frac{1}{2} c}{C + c} \right\}$$

$$= \frac{c}{C + \frac{1}{2} c} \left\{ 1 + \lambda' \cdot \frac{11}{80} \cdot \frac{c^2}{C^2} \right\},$$

essendo λ' un'altra quantità positiva minore di 1. Per conseguenza

$$\frac{C}{c} + \frac{1}{2} = \frac{n}{0{,}6931472} \left(1 + \lambda' \cdot \frac{11}{80} \cdot \frac{c^2}{C^2} \right);$$

$$\frac{C}{c} = n \,.\, 1{,}4426950 \left(1 + \lambda' \cdot \frac{11}{80} \cdot \frac{c^2}{C^2} \right) - \frac{1}{2}.$$

Ora dall'Equazione (*a*) si ricava che quando $n > 7$ la quantità

$$\lambda' \frac{11}{80} \cdot \frac{c^2}{C^2}$$

è minore di $1/670$, e perciò trascurabile in questa specie di ricerche a confronto di 1. Pertanto in cotali casi di $n > 7$ noi possiamo con sufficiente approssimazione far uso dell'Equazione

(*b*) $$\frac{C}{c} = n \,.\, 1{,}443 - \frac{1}{2}.$$

Ne' casi di n minore di 7 si può far uso della formola (*a*), adoperando i logaritmi tavolari.

Osservazione 1.ª È necessario che ne' varii toccamenti abbia luogo una comunicazione perfettissima, sì allorquando il conduttore riceve l' elettricità dalla boccia, come allorquando esso viene scaricato colla mano; il che si ottiene bagnandolo nel punto ove è toccato dal bottone della boccia, e in quello ove è toccato dalla mano.

Osservazione 2.ª Se con un certo numero p di toccamenti non scendesse l'elettrometro sino a t, e con

un numero $p+1$ esso scendesse al di sotto di t, converrebbe prendere per n un numero frazionario opportunamente scelto fra p e $p+1$.

Osservazione 3.ª Se si trattasse di paragonare fra loro le capacità c e c' di due conduttori, si avrebbe, chiamando n, n' i numeri de' toccamenti stati loro rispettivamente necessarii per passare dal grado T al grado t,

$$(d) \qquad c : c' :: \frac{1}{n-0{,}35} : \frac{1}{n'-0{,}35}.$$

Perocchè, continuando a chiamar C la capacità della boccia, sarebbe

$$\frac{C}{c} : \frac{C}{c'} :: n \,.\, 1{,}443 - {}^1/_2 : n' \,.\, 1{,}443 - {}^1/_2$$

da cui

$$c' : c :: n - 0{,}3466 : n' - 0{,}3466$$

d'onde, togliendo per brevità a' due ultimi termini la quantità 0,0034 che è trascurabile in questi calcoli, si ha la proporzione (d) proposta.

933. Io ho fatto diverse sperienze coll'indicato metodo. Ho preso fra gli altri de' tubi metallici di varie grandezze: cominciava con uno di questi a farvi passare internamente per tutta la lunghezza un cordoncino asciutto di seta fermato a due punti fissi, il quale lo tenesse isolato e lontano dagli altri corpi; e lo toccava più volte con una data boccettina di Leida, che era sempre la medesima, seguitando in sino a che questa, esplorata con un metodo molto delicato che indicherò più innanzi quando parlerò delle bocce di Leida, mi mostrasse all'elettrometro la metà del numero de' gradi di prima; quindi ripeteva la sperienza con un altro tubo, poi con un terzo, ec. Lo stesso ho fatto con de' cerchii di latta, forati in due punti per farvi passare il cordoncino di seta, sempre adoperando

la medesima boccetta. E usando la proporzione (*d*) ho avuti i risultamenti che seguono:

Tubo lungo 2 piedi, grosso 1 pollice: toccamenti 35 $^1/_5$ . . . . . Capacità $\frac{1}{34,9}$

Tubo lungo 2 piedi, grosso 2 pollici: toccamenti 27 $^1/_2$ . . . . » $\frac{1}{27,2}$

Tubo lungo 4 piedi, grosso 2 pollici: toccamenti 16 $^1/_{10}$ . . . . » $\frac{1}{15,8}$

Cerchio del diametro di millimetri 169: toccamenti 55 $^1/_2$ . . . . » $\frac{1}{55,2}$

Cerchio del diametro di millimetri 338: toccamenti 27 . . . . » $\frac{1}{26,7}$

Osservazione 1.ª Dai risultamenti qui esposti si può riconoscere che anche nella capacità misurata al modo anzidetto, e la quale io direi *assoluta*, riesce più influente la lunghezza de' conduttori che non la grossezza. Il raddoppiamento infatti della grossezza aumentò la capacità solamente come 4 a 5; all' incontro il raddoppiamento della lunghezza la aumentò come 3 a 5.

Osservazione 2.ª Paragonando le capacità del primo e del terzo tubo, si ricava che col raddoppiare simultaneamente e diametro e lunghezza, e perciò col quadruplicare la superficie, la capacità è ben lungi dal divenir quadrupla, non facendo che raddoppiarsi o poco più. E di qui pare che ne' corpi simili le capacità non sieno nella ragione delle superficie, ma soltanto in una ragione prossima a quella delle semplici dimensioni omologhe. Il che si manifesta anche nel paragone delle capacità de' due cerchii.

Osservazione 3.ª Tornerò a rammemorare l'impor-

tanza del tenere i conduttori cimentati lontani più che si può dai corpi circonvicini, intanto che si mette in comunicazione secoloro la boccia di Leida; io li vorrei per lo meno ad una distanza doppia della maggior dimensione de' conduttori medesimi. E appunto per non avere io potuto sperimentare in luogo sufficientemente ampio, non mi fido abbastanza de' sovraesposti risultamenti, e specialmente di quello del tubo più lungo. E dubito che forse, facendo sperienze più esatte, le capacità de' corpi simili si potranno trovare nella precisa ragione delle semplici dimensioni omologhe.

Osservazione 4.ª Intanto che la boccetta si va colla suddetta pratica a poco a poco scaricando, succede in sul principio che una piccola porzione della sua carica si rende *latente*, ma in seguito una parte forse maggiore da latente torna sensibile (come vedremo a suo luogo). Per diminuire gli errori che potrebbero da ciò derivare, sarebbe utile l'uso di qualche macchina, non difficile a immaginarsi, la quale accelerasse i toccamenti.

Osservazione 5.ª Appare altresì dagli esposti risultamenti, che unendo insieme più conduttori, la capacità del sistema risultante è minore della somma delle capacità de' conduttori separati. Ponendo, p. e., l'uno in seguito all'altro, cogli assi in una stessa retta, due tubi grossi un pollice e lunghi ciascuno due piedi, se le capacità separate si esprimano ciascuna con 3, la capacità del sistema sarà espressa da 5 e non già da 6. Sarebbe ancor minore la capacità del sistema, se i due tubi fossero posti l'uno a fianco dell'altro, cogli assi collocati alla guisa di due opposti lati di un rettangolo.

È questo un fatto ben noto ai fisici, e ne vedremo la ragione nel Capo seguente.

Osservazione 6.ª Chi intraprendesse una serie di siffatte sperienze, potrebbe prendere ad unità la ca-

pacità di una sfera o di un cerchio di dato diametro, e corrispondentemente a tale unità esprimere le capacità degli altri corpi.

934. *Della Tensione.* Abbiasi un elettrometro regolarmente graduato, cioè tale che applicato in qualche conveniente modo a un corpo elettrizzato, segni rispettivamente 1, 2, 3 ... *n* gradi per quantità di elettrico come 1, 2, 3 ... *n*, che in esso corpo si trovino o eccedenti o deficienti. E se non si possegga uno strumento di tale regolarità, se n'abbia per lo meno uno dalle cui indicazioni, con un'opportuna correzione, si possano ricavar quelle che avrebbonsi da uno regolare. Del modo di ottenere o l'uno o l'altro scopo ci occuperemo più innanzi nel Capitolo VIII.

Provveduti d'un tale strumento, supponiamolo applicato a una numerosa serie di corpi elettrizzati, i quali tutti gli facciano dare una medesima indicazione: noi avremo in tutte queste prove, secondo il linguaggio de' fisici, *una medesima tensione elettrica*. Supponiamo invece che con un'altra serie di corpi esso dia indicazioni, le quali o regolari per sè stesse, o rese regolari con una opportuna correzione, sieno come i numeri 1, 2, 3, 4, ec.: noi avremo in questo caso, giusta il linguaggio medesimo, delle *tensioni* crescenti come siffatti numeri 1, 2, 3, 4, ec.

Segue da ciò che il vocabolo *Tensione elettrica* viène usato per esprimere l'attitudine o la forza che ha l'elettricità di un corpo per far muovere più o meno gli elettrometri. Dicesi poi che essa tensione è *positiva* o *negativa*, secondo che procede dall'una o dall'altra elettricità.

Crescendo o scemando questa attitudine a muovere gli elettrometri, cresce o scema altresì, nell'elettricità positiva, la tendenza che ha il fluido sovrabbondante in un corpo a spingere le molecole elettriche più superficiali o nell'aria o ne' corpi vicini. E similmente in un corpo elettrizzato in meno, al variare delle in-

dicazioni degli elettrometri, varia pure, crescendo o scemando insieme, la forza con cui esso corpo elettrizzato attrae a sè l'elettrico dai corpi vicini ovvero dall'aria. Di qui è che molti fisici definiscono la *Tensione* per la *tendenza che hanno i corpi elettrizzati a disfarsi della propria elettricità, e a comunicarla o all'aria circostante o ai corpi vicini* (*).

Osserveremo qui che in un medesimo corpo cui sia sempre applicato lo stesso elettrometro a un modo medesimo, la sovrabbondanza e la deficienza di una stessa quantità d'elettrico fanno segnare allo strumento uno stesso numero di gradi. Perciocchè la sperienza mostra che mettendo in vicendevole comunicazione due corpi perfettamente uguali, elettrizzati contrariamente ad un medesimo grado dello strumento, si riducono entrambi allo stato naturale.

935. Noi possiamo distinguere, sia che si tratti di elettricità positiva ovvero di negativa, due maniere di tensione, cioè una *tensione generale* appartenente a tutto intero il corpo elettrizzato, e una *tensione particolare*, propria delle varie parti del corpo medesimo.

La tensione *generale*, che possiamo anche dire *assoluta*, è quella che si avrebbe allorquando potesse adoperarsi in tal modo un elettrometro da averne le medesime indicazioni per tutti i punti del corpo elettrizzato cui si applicasse.

Io trovo che a una siffatta identità di indicazioni si va per lo meno assai vicino prendendo una boccia di Leida carica a tal segno che fatta toccare con qualche punto del corpo che si vuol esplorare, non gli dia nè tolga elettrico, e osservando quali indicazioni faccia essa dare all'elettrometro. Nelle sperienze infatti che si sono citate al § 931, se il tubo, dopo stato elettrizzato dalla boccetta messagli a contatto nel punto di mezzo, fosse stato toccato da questa in

(*) Volta, *Collezione delle Opere*, t. I, parte I, p. 186, 250.

qualsivoglia altro di lui punto, non le avrebbe esso nè dato nè tolto quantità sensibile d'elettrico: epperò se le elettricità sono in equilibrio, allorquando il tubo vien toccato dalla boccetta in un dato di lui punto, cotale equilibrio si mantiene sensibilmente ancora toccando esso tubo in qualsivoglia altro suo punto.

Volendo adunque dare o togliere a un corpo una quantità d'elettrico corrispondente a una data *tensione generale* o *assoluta*, non si ha che a toccarlo con una boccia carica sino a tal punto che staccata di poi dal corpo faccia segnare all' elettrometro il desiderato numero di gradi.

Volendo invece conoscere la tensione *generale* o *assoluta* ancora ignota di un corpo elettrizzato, si comincia a trovare quale divergenza produca esso corpo in un elettrometro applicatogli a un dato modo; quindi, rimosso e scaricato lo strumento, si carica una boccia sino a tal punto che fatta toccare col corpo, e poscia provato questo coll' elettrometro applicatogli nel modo stesso di poc' anzi, si abbia la indicazione medesima. Non considerata cotale indicazione, ma esplorata quella che allora dà la boccia, si avrà in quest' altra indicazione la tensione cercata. E qui tornerò a richiamare l' avvertenza che mentre il corpo è toccato dalla boccia, non gli stiano vicini altri corpi estranei.

936. Quando si voglia esplorare questa tensione in un corpo col semplice uso dell' elettrometro, e precisamente dell' elettrometro a quadrante, serve molto bene il seguente metodo già adoperato da Volta. Pigliava questi un cilindro di superficie metallica grosso un pollice e lungo circa due piedi, isolato orizzontalmente su di una colonnetta di vetro inverniciata alta un piede; ad una estremità di esso cilindro applicava l' elettrometro in modo che l' asse del cilindro medesimo corrispondesse al centro di moto del pendolino, tenendo l' arco graduato dalla parte opposta a quella del ci-

lindro (fig. 28); e l'altra estremità del detto cilindro la applicava al corpo, procurando di dare ad esso cilindro quella fra le direzioni orizzontali la quale tenesse l'elettrometro alla maggior possibile distanza dal corpo medesimo. Con questo metodo si schivano la più gran parte delle irregolarità a cui lo strumento soggiacerebbe venendo applicato immediatamente ai diversi punti del corpo, dipendentemente dalla configurazione di questo (*).

È però da notare che se si applica l'elettrometro scarico al corpo già elettrizzato, la tensione indicata non è già quella propria del corpo prima di unirvi lo strumento, bensì quella del sistema dopo unito lo strumento medesimo; la quale è un po' minore, giacchè l'aggiunta d'esso strumento fa aumentare la capacità.

937. Se il conduttore elettrizzato fosse grandissimo, e lo strumento coll'annesso conduttore cilindrico fosse applicato ai diversi punti del corpo, sempre in modo che questo cilindro fosse orizzontale e diretto per tal verso da allontanare più che può l'elettrometro dalla superficie del corpo stesso, le indicazioni, ad onta di questa avvertenza, varierebbero secondo le località, essendo maggiori ne' luoghi più prominenti, minori in que' che il sono meno o che sono incavati, minime e quasi affatto nulle in quelli ove l'elettrometro venisse a trovarsi interamente infossato o sepolto in una incavatura. Ad evitare adunque le incertezze è ottimo il consiglio del Volta, di applicare lo strumento a una parte più sporgente del corpo, con che l'indicazione che si ottiene è la massima o una delle massime che si possano avere dal corpo, ed è anche, a parer mio, prossimamente quella che si può avere coll'uso più com-

(*) Volta, *Collezione delle Opere*, t. I, parte II, p. 37; t. II, part. I, p. 70. *Identità del fluido elettrico col così detto fluido galvanico*, p. 54. Pavia, 1814.

plicato della boccia di Leida. Le altre indicazioni che verrebbero date dall' elettrometro applicato alle altre parti di questo corpo grandissimo, sono quelle che io direi *tensioni particolari;* e differiscono esse tanto maggiormente le une dalle altre quanto più piccolo è l' elettrometro a confronto del corpo medesimo, e quanto più siffatto corpo è irregolare.

Qualche altra cosa sull' uso degli elettrometri verrà esposta nel Capo VIII.

938. Il diverso accumulamento dell' elettricità o positiva o negativa ne' varii punti della superficie di un corpo si potrebbe appellare *tensione particolarissima.* Però nel caso dell' elettricità positiva noi gli abbiamo già dato il nome di *densità* dell' elettrico (p. 66); e nel caso dell' elettricità negativa in un corpo omogeneo abbiam veduto che esso accumulamento corrisponde alla *grossezza* dello strato superficiale mancante d' elettrico (p. 81). Occorrendo di farne menzione, noi lo indicheremo per lo più sì per l' una che per l' altra elettricità col nome di *intensità dell' elettricità.* Abbiamo poi osservato che questa intensità si può misurare mediante un corpicello isolato messo successivamente a contatto de' detti punti, e quindi esplorato con un delicato elettrometro (p. 69 e 79); e abbiamo già spesa molta parte di questo Capitolo intorno al modo con cui essa intensità è distribuita ne' varii punti della superficie di un dato corpo o di un dato sistema di corpi. Ora ci occuperemo di alcuni fatti che hanno relazione colla sua grandezza assoluta.

In un conduttore elettrizzato in più, le particelle più superficiali dell' elettrico, appartengano queste o alla dose sovrabbondante ovvero alla naturale, sono, come s' è già accennato, spinte all' infuori dall' azione ripulsiva dell' intera massa del fluido che sovrabbonda nel corpo, e sollecitate a passare nell' aria contigua. Ora ciò ha luogo con una forza la quale varia dall' un punto all' altro del corpo secondo che l' elettrico

sovrabbonda più nell'uno che nell'altro, e si cangia in un medesimo punto secondo che il corpo è più o meno elettrizzato; e questa forza, secondo una dimostrazione di Laplace, dipende in un dato punto dalla sola intensità che ha quivi l'elettricità positiva, essendo a parità di tale intensità affatto indipendente dalla forma del corpo. L'aria poi insino a un certo limite, il quale varia secondo che è più o men grande la di lei densità e forse altresì secondo il variare di altre di lei circostanze, resiste a lasciarsi penetrare, almeno rapidamente, da questo elettrico; e perciò sino a un tal limite non può esso elettrico abbandonare il corpo se non lentamente. Ma oltrepassato questo limite l'aria non oppone più una resistenza sufficiente, e l'elettrico abbandona rapidamente il corpo, presentando nell'oscurità un'apparenza luminosa, per lo più del *fiocco*: si suppone qui che il conduttore elettrizzato non abbia vicino altro corpo a cui scagliare l'elettrico in forma di scintilla.

E similmente in un conduttore che sia elettrizzato in meno, secondo che è maggiore o minore in qualche punto la grossezza dello strato deficiente, è altresì più o meno grande la forza con cui questo strato tende a togliere il fluido naturale alle molecole d'aria contigue a quel punto, e a trasmetter loro, per così dire, la propria deficienza; e anche questa forza si può dimostrare che a pari intensità dell'elettricità negativa è indipendente dalla particolar figura del corpo. E sino a una certa grandezza di cotal forza, esse molecole d'aria resistono a siffatta sottrazione d'elettrico, cioè non se lo lasciano togliere che a poco a poco; ma oltrepassato quel segno, non possono più opporre bastevole resistenza, e si lasciano togliere l'elettrico rapidamente, coll'apparenza, nell'oscurità, della stelletta, supponendo qui pure che non v'abbia vicino altro corpo da cui l'elettrico possa

essere attirato in forma di scintilla al corpo elettrizzato.

Segue di qui che volendo elettrizzare un corpo conduttore, anche ottimamente isolato in mezzo all' aria e assai lontano da altri conduttori, non si può in date circostanze atmosferiche nè comunicargli elettrico oltre ad una certa quantità, senza ch' egli ceda rapidamente il sovrappiù all' aria, nè togliergli al di là d'una certa quantità di fluido naturale, senza che egli si rifaccia rapidamente col fluido naturale dell' aria medesima. In generale poi questo rapido entrare o uscire dell' elettrico si opera in quel luogo del corpo ove l' elettricità è più intensa. E siccome le punte e in genere le prominenze sono in un corpo le parti ove l' intensità dell' elettricità è maggiore, così incominciano da esse la dispersione e l' assorbimento dell' elettricità. Di qui ha origine la facoltà delle punte di emettere e di assorbire l' elettricità, facoltà già da noi menzionata a p. 78, ma su cui torneremo, e con maggior estensione, altrove. E di qui altresì nasce l' avvertenza già notata in altro luogo, di schivare le prominenze troppo acuminate ne' conduttori destinati a conservare l' elettricità positiva o negativa (p. 44).

939. Ecco in succinto la dimostrazione di Laplace poc' anzi citata, con alcune aggiunte di Poisson: se n' è però alquanto modificata l' esposizione e adattata all' ipotesi frankliniana (*).

Sia *PQRS* (fig. 29) lo strato del fluido sovrabbondante in un corpo conduttore elettrizzato in più. Si scelga nella superficie esterna di cotale strato un punto A; si segni B quel punto della superficie interna pel quale passa la normale alzata da A; e si immagini con un piano perpen-

(*) *Mem. Istit. di Francia, Classe Matem. e Fis.* 1811, parte I, p. 6 e 30. Questa dimostrazione, trattata con qualche maggiore estensione che in questo § 939, io la riporto anche nella Memoria citata nella Prefazione.

dicolare ad AB tagliato in questo strato un piccolissimo segmento $IBMNAH$, la cui altezza AC sia bensì moltissimo maggiore della grossezza AB dello strato medesimo, ma però moltissimo minore della massima dimensione del corpo proposto. Con che tutta la massa dell' elettrico sovrabbondante verrà distinta in due porzioni, l' una delle quali sarà quella del detto segmento, e l' altra sarà tutta la parte rimanente. Si chiamino r, R le due azioni ripulsive esercitate rispettivamente da queste due porzioni su di una molecola d'elettrico collocata in A; r', R' le due azioni pur ripulsive esercitate dalle medesime due porzioni verso una molecola d'elettrico situata in B.

Siccome la molecola esistente in B si trova in equilibrio, così saranno uguali in grandezza ed esattamente opposte in direzione le due azioni R', r' su di essa operanti. In quanto alle due azioni operanti sulla molecola collocata in A, noi avremo prossimamente la R uguale alla R' sì in grandezza che in direzione, attesa la vicinanza di luogo fra A e B. Così pure si avrà prossimamente la r uguale in grandezza alla r': il che si deduce calcolando effettivamente queste due azioni nel supposto che il segmento si trovi compreso fra due numerose serie di triangoli sferici di diverso raggio normali alla retta AB, e concorrenti con un loro angolo que' d'una serie in A, e que' dell'altra in B; colla qual forma il segmento considerato quasi affatto coincide. La grandezza assoluta poi sì di r che di r' è proporzionale al prodotto della grossezza AB dello strato per la media densità di esso nella linea AB, vale a dire all' intensità dell' elettricità in A, senza dipendere sensibilmente nè dalla forma del corpo nè dalla distanza AC del piano che separa i due segmenti, purchè questa distanza sia presa come si è già detto. Le direzioni in fine di esse azioni r, r' sono prossimamente normali al piano HN e vôlte in versi contrarii. Per conseguenza la molecola d' elettrico situata in A sarà sollecitata da due forze r, R, pressochè concorrenti, danti una risultante uguale prossimamente a $2r$ e operante verso l' infuori in una direzione prossimamente normale al piano HN. E a questa risultante si può dimostrare vicinissima in grandezza e in direzione anche l' azione che verrebbe esercitata sulle molecole d' elet-

trico che si trovassero prossime ad A nel prolungamento della BA.

L'azione adunque esercitata sulla molecola d'elettrico situata in A si può distinguere in due parti, l'una proveniente dal segmento $IBMNAH$, l'altra dal resto dello strato elettrico. La grandezza della prima dipende soltanto dalla grossezza e dalla densità media che ha lo strato elettrico nel punto A, ossia, in altri termini, dalla intensità che ha ivi la elettricità positiva, senza punto dipendere dalla forma più o meno arcuata del segmento. E la grandezza della seconda dipende, come è ben chiaro, e dalla quantità d'elettrico ond'è formato il segmento maggiore $NS...PHIQ...RM$, e dalla disposizione che ha questo elettrico; per la quale disposizione io intendo la estensione superficiale di esso segmento, la sua forma, e il modo con cui l'elettrico è ripartito ne' varii di lui punti. Per un esempio, a pari quantità d'elettrico e a pari estensione superficiale del suddetto maggiore segmento, essa seconda parte di azione è in generale tanto maggiore quanto più acuminato è il corpo nel luogo ove si trova il punto A, riuscendo tanto più cospiranti le varie particolari azioni esercitate verso A dalle singole molecole di elettrico che concorrono a produrre questa seconda parte di azione (*). La circostanza però che le due quantità d'elettrico formanti i due segmenti sono tenute in equilibrio al loro luogo l'una dall'altra, fa sì che la quantità e la disposizione dell'elettrico del segmento maggiore, e la intensità che ha in A l'elettrico del segmento minore, sieno sempre combinate fra loro in tal modo che le due parti d'azione riescano uguali. Se cioè per una forma acuminata del corpo nel luogo del punto A e in genere per una favorevole disposizione dell'elettrico del segmento maggiore, esercita questo elettrico, quantunque per avventura poco copioso, un'azione assai energica sul punto A, in questo caso ha altresì facoltà esso elettrico di tenere confinata nel minor segmento una notabile quantità dello stesso fluido, e perciò di far sì che anche questo minor segmento, per la molta densità di cotal fluido, abbia una

(*) Zamboni, *L'Elettromotore perpetuo*, parte I, p. 100. Verona, 1820.

forte azione sul punto *A*. Se in vece, in conseguenza di circostanze poco favorevoli, riesce debole l'azione del maggior segmento, tale viene ad essere anche quella del minore, per iscarso accumulamento d'elettrico. Si può perciò considerare soltanto la intensità che ha in *A* la elettricità positiva, e dire semplicemente che l'*azione totale* verso la molecola d'elettrico situata in *A* è proporzionale a questa intensità senza considerare altra circostauza.

Quanto si è detto fin qui noi possiamo applicarlo anche all'attrazione esercitata dallo strato deficiente de' corpi elettrizzati in meno verso il fluido naturale delle molecole d'aria contigue. Quest'attrazione cioè è proporzionale al prodotto della *grossezza* di esso strato deficiente per la densità che ivi aveva il fluido sottratto, senza che sia d'uopo aver riguardo ad altre circostanze.

940. Poisson, il quale riporta questi ragionamenti di Laplace, procede in essi alquanto più innanzi, cercando di provare che la forza con cui tutto l'elettrico esistente nella linea *AB* è spinto verso l'infuori, è in ragione dei quadrati della grossezza *AB* medesima, quando questo fluido sia di uniforme densità in tutti i punti della detta sua grossezza; e ch'essa forza è in ragione duplicata del prodotto della grossezza per la densità media, quando ne' varii punti della *AB* non sia esso fluido uniformemente denso; ossia, in ogni caso, che questa forza è in ragione del quadrato dell'intensità dell'elettricità positiva nel punto *A*. E infatti nella serie delle molecole d'elettrico distribuite lungo la linea *AB*, le più interne sono spinte all'infuori con forza minore, e le più esterne con forza maggiore; e la forza con cui è spinta ciascuna è in ragione del numero di quelle che essa lascia più al di dentro. Ond'è che la somma di queste forze è proporzionale al prodotto del numero delle molecole distribuite in *AB*, per la media delle forze da cui esse sono sollecitate una per una, la qual forza media è anch'essa proporzionale al detto numero. Supponendo adunque che le molecole d'elettrico situate in *AB* si pigino l'una l'altra a modo degli ordinarii fluidi pesanti, ed esercitino contro l'aria uno sforzo puramente meccanico, questo sforzo sarà in ragione del quadrato del numero delle molecole disposte in *AB*. Veramente Poisson non fa parola di questo vi-

cendevole pigiamento; ma a me pare che egli lo sottintenda, nè veggo come si possa senz'esso arrivare alla menzionata conclusione.

Questa conseguenza, adottata in generale da' fisici francesi, viene da essi ammessa non solo per l'elettricità vitrea o positiva, ma anche per la resinosa o negativa, la quale essi fanno dipendere con Symmer da un altro fluido che similmente si accumuli alla superficie de' conduttori. E siccome altresì opinano che l'aria si opponga alla diffusione delle due elettricità colla sola meccanica azione della pressione atmosferica, così ne conchiudono che si abbia la diffusione rapida allorquando la total forza che spinge all'infuori lo strato elettrico o vitreo o resinoso supera la pressione dell'atmosfera, e non abbiasi che quella lenta quando la detta forza non arriva a un tal punto, precisamente come avviene nell'ebullizione e nell'evaporazione de' liquidi.

Fra questi ragionamenti però io ho piena fiducia solamente in quei che sonosi esposti nel § 939 e che sono dovuti a Laplace. Negli altri aggiunti da Poisson io temo che sieno portate troppo oltre le analogie dell'elettricità co' fluidi ordinarii; il che è pericoloso, almeno in questi tempi ne' quali è ancora sì poco nota l'intima natura dell'elettricità e che è persino incerto se veramente ella dipenda da qualche sostanza esistente da sè. E in ispecie ho forte difficoltà ad ammettere che il penetrare dell'elettrico nell'aria nasca semplicemente da un superare che egli faccia la resistenza meccanica della di lei pressione, parendomi che l'elettricità abbandoni invece i corpi assai prima che sia vinta la pressione dell'atmosfera, come mostrerò parlando del moto dell'elettrico. In conseguenza di tutto ciò io mi limito ad ammettere che la tendenza delle due elettricità a comunicarsi all'aria cresca o scemi ne' punti della superficie di un corpo col crescere e collo scemare ivi l'intensità della elettricità stessa, senza osar di dichiarare con qual legge.

941. *Della Carica.* Dicesi *Carica elettrica* in un conduttore elettrizzato la quantità d'elettrico che sovrabbonda o che manca nel medesimo; e può perciò essere positiva o negativa.

Dalle nozioni che abbiamo date sulla *capacità assoluta* e sulla *tensione assoluta* si deduce che la carica è nella ragione composta di questi due elementi. Se infatti di due corpi A, a si chiamano C, c le capacità assolute, e Q, Q' le cariche corrispondenti alla tensione assoluta T, si avrà

$$\frac{Q}{Q'}=\frac{C}{c};$$

e se inoltre si chiama q la carica del secondo corpo ridotto alla tensione t, sarà

$$\frac{Q'}{q}=\frac{T}{t};$$

dalle quali due equazioni moltiplicate insieme si ha

$$\frac{Q}{q}=\frac{CT}{ct}.$$

Da ciò si ricava che in due corpi ove la carica sia uguale, ma la capacità diversa, le *tensioni* sono in ragione inversa delle *capacità*.

942. Quando un corpo a cui siasi comunicata dell'elettricità muta di figura e quindi di capacità per l'elettrico, come avviene, p. e., nella catenella di Franklin, varia evidentemente in esso anche la tensione, scemando questa al crescere della capacità, e viceversa. Ma questa tensione varierà ella nella precisa ragione inversa della capacità? O, ciò che torna allo stesso, non si smarrirà all'ingrandirsi della figura una porzione della carica positiva, passando a far parte della dose naturale, e non diverrà eccedente una parte di questa dose all'impiccolirsi della figura medesima, come succede del calorico che ne' cangiamenti di volume si rende or latente ed or sensibile? Dalle più sicure sperienze finora istituite pare che ciò non avvenga. Perciocchè si è trovato che un corpo il quale sia allo stato naturale, rimane in questo stato non solo dopo

qualunque cambiamento di figura, ma anche dopo notabilissime variazioni di volume; talchè qualsivoglia quantità d'elettrico che prima fosse in esso sovrabbondante ovvero deficiente, si trova tutta anche di poi o sovrabbondante o deficiente, senza nè accrescimento nè diminuzione. La catenella di Franklin, il sistema de' tubi a cannocchiale, e qualunque altro corpo che agevolmente muti di figura, quando sia dapprima allo stato naturale, vi rimane sempre ad onta di qualunque cangiamento di cotale figura. Un corpo arroventato che si lasci raffreddare e quindi restringere di volume, se era allo stato naturale prima, lo è anche di poi (1). Si vôti d'aria un vaso per mezzo della macchina pneumatica; così votato e indi chiuso lo si ponga sullo sgabello isolante; e poscia esplorato lo stato elettrico, l'osservatore si assicuri che l'apparecchio sia allo stato naturale, e se non lo è, ve lo riduca. Ciò fatto, si lasci entrar l'aria nel vaso, facendo che ella vi entri lentamente, affinchè l'operazione continui anche dopo ritirata la mano. Si troverà alla fine che l'apparecchio sarà ancora allo stato naturale, malgrado l'ingresso dell'aria e il restringimento avvenuto nella somma de' volumi di essa aria e del vaso. Tale è almeno il risultamento che io ottenni per mezzo di un sensibilissimo elettroscopio di Bohnenberger, tenuto in comunicazione col piano superiore dello sgabello isolante in tanto che entrava l'aria. Non istimerei sicuro il far la sperienza nel modo opposto, cioè condensar prima l'aria nel vaso e poscia lasciarla uscire; giacchè ella potrebbe uscire alcun poco elettrizzata in un modo (p. 25), e lasciare il vaso elettrizzato nel modo contrario (2).

(1) Priestley, *Histoire*, ec., t. III, p. 433.

(2) Per altro avendo io condensata dell'aria dentro un recipiente metallico, talora sino a un'atmosfera e mezza e talora sino a due atmosfere, e avendola lasciata uscire da un sottil foro mentre il recipiente stava sullo sgabello isolante, non

Nè solo ne' cangiamenti di figura e di volume, ma nelle liquefazioni stesse e nelle solidificazioni non si ha sviluppo di elettricità. Che se in alcune solidificazioni parve di scoprirvene, ciò in alcuni casi nacque, come nota il Beccaria, dalla facilità con cui diversi corpi appena raffreddati vengono elettrizzati dal toccamento colle mani; e in altri casi provenne da elettrico tolto o dato al vaso ove ebbe luogo la solidificazione; perocchè ogni volta che si lasciò il corpo cimentato nel vaso ove esso si era solidificato, come si fece da Van Marum e Paets van Troostwyk, lo si trovò allo stato naturale (*).

ebbi mai il minimo indizio di elettricità: in queste prove, per quanto potei assicurarmi, l'aria racchiusa era asciutta al pari dell'esterna; gli orli del forellino ora erano di ottone, ora di sughero, ora di vetro, ora di seta, ora di gomma lacca. Contrariamente a ciò assicura il signor Bigeon che avendo leggermente rarefatta l'aria entro una campana ove trovavasi un delicato elettroscopio, ebbe notabili segni di elettricità positiva, i quali cessarono al rientrare dell'aria (*Ann. Chim. et Phys.* XXXVIII, 154). Ma io dubito che i movimenti nascessero da agitazione dell'aria rimasta nel vaso.

(*) Beccaria, *Elettricismo atmosferico*, § 468 e 469. Bologna, 1758. Gehler's *Phys. Wört.* art. *Elektricität*, p. 262. Assicura per vero dire il sig. Grotthus che avendo fatto agghiacciare rapidamente dell'acqua entro una boccia di Leida armata esternamente, coll'esporre questa a una temperatura di — 24° R, divenne essa acqua elettrizzata in più; e che all'incontro ottenne elettricità negativa facendo liquefare questo ghiaccio ad una temperatura elevata. Il che dice di aver ottenuto anche con un semplice vaso di latta (Gehler's *Phys. Wört.* art. *Elektricität*, p. 263, citando il Giornale di Schweigger, IX, 221; *Ann. Chim. et Phys.* XXVII, 111). Prima però di ammettere un'eccezione a una legge trovata finora generale, e un'eccezione che porterebbe importanti modificazioni nelle dottrine dell'elettricità, sarebbe necessario rifare gli sperimenti con grandissima diligenza, per vedere se nelle prove di Grotthus l'elettricità fosse per avventura stata data da altri corpi; il che avrebbe potuto avvenire agevolmente o in virtù della nota tendenza de' corpi caldi a dare elettrico ai freddi, o per qualche evaporazione accompagnata da separazione chimica, ovvero, nel caso della boccia di Leida, per una carica latente di

In fine alcune recenti sperienze pare che mostrino aver ciò luogo anche nel passaggio de' corpi allo stato aeriforme e nel ritorno da questo agli altri stati, sempre che questi passaggi non sieno accompagnati da qnalche azione chimica. Ma su ciò torneremo quando ci occuperemo dell' Elettricità atmosferica.

Da tutto ciò sembra doversi conchiudere che la quantità naturale d' elettrico di un corpo di data natura chimica, non dipende punto dal volume a cui esso corpo si riduce, nè dallo stato ch' egli assume, ma è costante in tutte le modificazioni a cui esso corpo soggiace.

943. *Limiti delle Cariche e delle Tensioni assolute.* Secondo che abbiamo veduto al § 938, l' intensità dell' elettricità ne' varii punti della superficie di un corpo ha un limite determinato, il quale non varia colla grandezza e colla figura del corpo medesimo, ma soltanto colle circostanze dell' aria; e perciò elettrizzando un dato corpo o in più o in meno, la carica di esso non può crescere indefinitamente, ma solamente in sino a che, arrivata in qualche luogo l' intensità dell' elettricità al dato limite, venga quivi essa elettricità a disperdersi rapidamente nell' aria. Si ha allora in cotal corpo il *Limite della Carica* o la *Massima Carica.*

Abbiansi parecchi conduttori isolati tutti simili di figura, ma disuguali iu grandezza. E precisamente se ne abbia una serie le cui dimensioni omologhe siano nella proporzione de' numeri 1, 2, 3, 4, 5, ec. Le massime quantità d' elettrico che loro potranno essere date ovvero tolte, saranno come i numeri 1, 4, 9, 16, 25, ec., vale a dire nella ragione delle loro superficie; giacchè l'elettricità non si disperderà in essi rapidamente se non giunta in tutti i punti

questa resasi poi sensibile, ovvero, nel caso dell' agghiacciamento, per qualche confricazione con corpi estranei, ec. E farebbe ottimamente chi si accingesse a verificare cotali sperimenti; perocchè non è impossibile che il fatto sia vero; e in tal caso ne verrebbero al certo importantissime conseguenze, come avviene generalmente ne' fatti non concordanti colle dottrine ricevute.

omologhi di questi varii corpi ad una intensità medesima. Avremo adunque le *cariche massime de' corpi simili in proporzione delle superficie o de' quadrati delle dimensioni omologhe.* Ben s'intende che cotali corpi sieno ottimamente isolati, e lontani dagli altri corpi.

Per altro le *capacità assolute* di questi corpi simili non sono nella ragione delle superficie, ma in una ragione assai men rapida, probabilmente in quella delle semplici dimensioni omologhe (p. 106). Quindi è che nella mentovata serie venendo date o tolte ai varii corpi delle quantità d'elettrico proporzionali ai numeri 1, 4, 9, 16, ec., le *tensioni assolute* che manifesteranno questi corpi, non saranno fra loro uguali, ma saranno maggiori pe' corpi maggiori, minori pe' corpi minori, verisimilmente nella ragione medesima de' numeri 1, 2, 3, 4, ec. Le tensioni assolute adunque dell'elettricità ne' varii corpi non hanno limiti determinati, ma variabili secondo le dimensioni di questi; e in particolare ne' corpi simili le tensioni massime crescono colle grandezze verisimilmente nella ragione semplice delle dimensioni omologhe.

Raccogliendo tutto in breve, se noi considereremo l'un dopo l'altro più conduttori isolati di grandezze successivamente maggiori, avremo costante la *intensità massima* a cui può in essi giugnere l'elettricità, ma crescerà la *capacità* e in generale anche la *tensione massima* e la *carica massima;* e questi accrescimenti, se i conduttori avran figure simili, avverranno con tal legge che le *capacità* e le *tensioni massime* staranno, almeno prossimamente, nella ragione delle dimensioni omologhe, e le *cariche massime* nella ragione de' quadrati di queste.

Segue da ciò che volendosi in un conduttore una tensione assoluta assai forte, è duopo dargli grandi dimensioni, procurando nello stesso tempo che tutte le estremità e prominenze sieno a curvature di grande raggio (*). Così venne praticato nella grande macchina di Harlem.

Egli è poi da osservare che nei conduttori delle mac-

(*) Veggasi un cenno di ciò in una Memoria del prof. Cesare Gazzaniga inserita negli *Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto*, T. III, p. 332.

chine elettriche spesse volte non si arriva sino a questo limite delle cariche, giacchè dopo salita la tensione a un certo grado, ancora lontano da cotal limite, il contatto dell'aria e l'imperfetto isolamento fanno perdere tutta l'elettricità che si va sviluppando. All'incontro quando venga comunicata rapidamente a un conduttore una gran copia di elettricità, può venire superato d'alquanto il suddetto limite, stantechè la carica eccedente si dissipa bensì con prontezza, ma non istantaneamente.

Noterò da ultimo che un dato conduttore ha il limite delle cariche negative alquanto più basso di quello delle positive, prossimamente nella ragione di 3 a 4. Così almeno io osservai in conduttori muniti di punte acute (*).

Cenni intorno alla distribuzione dell'elettrico ne' corpi coibenti.

944. Ne' coibenti elettrizzati o in più o in meno la distribuzione dell'elettrico è soggetta a leggi molto più complicate e molto più difficili a determinarsi che non ne' conduttori; perocchè in essi ella dipende moltissimo, non solo dalla lor forma, ma anche dall'essere maggiore o minore la facoltà coibente, dal luogo ove l'elettrico è stato comunicato o levato, e dalla maggiore o minore quantità di esso elettrico. In generale, per quello che dipende dalle forze attive cui l'elettrico è soggetto, tende ciascuna specie di elettricità a disporsi nel modo medesimo come nei corpi conduttori; ma a questa tendenza si oppone la facoltà coibente che a guisa dell'attrito impedisce fino a un certo punto il moto di esso elettrico. Ond'è che siffatto fluido non continua a muovervisi sino a che le forze attive si facciano vicendevolmente equilibrio, ma solamente sino a tanto che in ciascuna molecola di un tal fluido la risultante di queste forze

(*) *Biblioteca Italiana*, 1836, t. LXXXI, p. 191.

venga ad essere resistita dalla detta facoltà coibente. E siccome vi sono infinite grandezze per questa risultante, le quali tutte possono essere resistite da cotale facoltà coibente, vale a dire tutte quelle grandezze che non oltrepassano un certo grado; così una medesima quantità d'elettrico può in un coibente avere moltissimi modi di distribuzione, sì di quelli unicamente superficiali, come anche di quelli ove sieno altresì elettrizzate le parti interne.

945. Venendo ai fatti particolari, noi ne abbiamo pochi ancora, essendo intorno a ciò state fatte assai poche sperienze.

Ne abbiamo primieramente alcuni trovati da Coulomb per riguardo ai sottili e lunghi cilindri isolanti, quali sono, p. e., i fili di seta, applicati da una loro estremità a un corpo elettrizzato. Fece egli l'osservazione che un sottile cilindro coibente, p. e. un sottil filo di seta messo a contatto con un conduttore elettrizzato il quale abbia una carica come 10, può isolare perfettamente quest'ultimo quando esso cilindro abbia una lunghezza, e. g., di 2 pollici; deve in vece avere una lunghezza di 8 pollici, per isolare il conduttore medesimo dotato della carica 20, una di 18 pollici per isolarlo colla carica 30, ec. (*). Donde egli deduce che al raddoppiarsi e al triplicarsi della carica del detto conduttore, l'elettricità lungo il cilindretto annesso si stende a una distanza quadrupla o nonupla, rispettivamente, cominciando in tutti i casi più intensa in vicinanza del corpo elettrizzato, e degradando successivamente col crescere delle distanze, e in fine, se il cilindro è abbastanza lungo, cessando affatto. E questo progressivo decremento, dopo che il contatto ha durato per qualche tempo, si stabilisce, secondo lui, per modo che le dette intensità stanno come le ordinate di una parabola avente il vertice nel punto ove

(*) *Mem. Acc. Par.* 1785, pag. 632.

cessa l'elettricità (1). Sia, p. e., il sottile cilindro coibente *A B* (fig. 30) messo coll'estremità *A* in contatto del conduttore elettrizzato *C*; e in esso cilindro, dopo cessato il progredimento dell'elettricità, sia *H* il punto fin dove l'elettricità stessa arriva: divisa la *AH* in 16 parti, e cercate le intensità ne' punti che distanno da *H* di parti 16; 9; 4; 1; *zero*, troveremo queste intensità nella ragione de' numeri 4; 3; 2; 1; *zero*, rispettivamente; ossia, ciò che torna allo stesso, allontanandoci successivamente da *A* di sette, di cinque, di tre, di una delle dette sedicesime parti, troveremo diminuita gradatamente di un quarto per volta la intensità.

Una tal legge però, simile a quella delle ordinate di una parabola, è quella del più rapido decremento dell'elettricità. Perocchè oltre ad essa ve ne possono essere infinite altre meno rapide con cui pure l'elettrico rimanga immobile; a quel modo che un mucchio di arena appoggiato a un muro, oltre alla posizione che corrisponde alla massima pendenza, può averne infinite altre tutte stabili corrispondenti alle pendenze minori.

946. Fece Epino la seguente curiosa sperienza (2). Avendo posto un corpo coibente elettrizzato in più a contatto di una estremità di un tubo di vetro non elettrizzato lungo qualche piede, trovò in quest'ultimo, dal punto di contatto sino alla distanza di quattro o cinque pollici da esso, un'elettricità positiva; più lontano vi ebbero due pollici di elettricità negativa; e ancor più in là tornò ad aversi una debole elettricità positiva. Ripetè assai volte questa sperienza, e sempre col medesimo evento; e ottenne pure lo stesso risultamento allorquando in luogo del tubo di

(1) *Mem. Acc. Par.* 1785, p. 635.
(2) Priestley, *Histoire*, ec., t. II, p. 36. Epino, *Tentamen*, ec. p. 194.

vetro fece uso di un bastone di zolfo. Per ispiegare questo fatto egli ammette che l'elettrico comunicato all'estremità del tubo e distribuitosi su questo per un certo tratto, respinga via l'elettrico naturale di un altro piccolo tratto successivo, rendendo questo secondo tratto elettrizzato in meno; e che questo elettrico respinto si trattenga nelle parti seguenti del tubo medesimo, dando origine al terzo tratto elettrizzato nuovamente in più.

Appoggiando il bottone di una boccia di Leida fortemente carica in più sulla superficie di uno strato resinoso, p. e. di gomma lacca, l'elettricità si diffonde intorno al punto di contatto a modo di raggi ramificati. Non così si diffonde sulla medesima superficie l'elettricità negativa. Ma di ciò ci occuperemo più particolarmente quando parleremo *delle figure di Lichtenberg*.

CAPO III.

DEGLI SPOSTAMENTI DEL FLUIDO ELETTRICO PER LA PRESENZA DE' CORPI ELETTRIZZATI, OSSIA DELLE INDUZIONI E DELLE ATTUAZIONI ELETTRICHE.

947. Un corpo qualunque *A* che sia elettrizzato in più o in meno, esercita sempre un'azione sul fluido elettrico esistente in qualsivoglia altro corpo *B* che gli si trovi vicino, sia questo secondo corpo in comunicazione col suolo ovvero isolato, sia anch'esso elettrizzato, o sia allo stato naturale. La quale azione consiste in ciò che il fluido elettrico esistente nel corpo *B* si sente spinto verso quelle parti di esso corpo che sono più lontane da *A* quando quest'ultimo è elettrizzato in più, e attirato verso le parti più vicine ad *A* quando questo è elettrizzato in meno. E una siffatta azione non manca di ottenere il suo effetto, se il corpo *B* lascia un movimento abbastanza libero al fluido elettrico, venendo effettivamente questo fluido a smuo-

versi dal proprio luogo e a cangiare di distribuzione. Un tale smovimento è l'oggetto di cui intendiamo di occuparci nel presente Capitolo.

Degli spostamenti dell'elettrico ne' conduttori isolati non elettrizzati.

948. *Spostamento prodotto dall'azione di un corpo elettrizzato in più.* Suppongasi che un corpo *C* elettrizzato in più (fig. 31), sia esso conduttore o non conduttore, venga accostato a un corpo *AB* di natura conduttrice il quale sia isolato e non contenga che la sua dose naturale d'elettrico. Una parte del fluido naturale di quest'ultimo corpo abbandonerà il lato più vicino a *C* e si trasporterà dal lato più lontano, lasciando il primo di questi lati elettrizzato in meno e rendendo il secondo elettrizzato in più. Il che vedesi espresso nella figura col mezzo di un contorno più oscuro in quelle parti ove si vuole indicare un'elettricità per eccesso, e di un giro bianco intorno a quelle in cui vuolsi indicare un'elettricità per difetto. Rimosso poi il corpo *C* ovvero scaricato, torna il corpo *AB* a riacquistare in tutte le sue parti lo stato naturale.

Può dimostrarsi un tal fatto colla seguente sperienza di Wilke (*). Si piglino due conduttori *A* e *B* (fig. 37) portati da sostegni isolanti; si mettano in comunicazione vicendevole, e si appressi all'uno *A* di essi un tubo *C* di vetro strofinato, a tale distanza però che non possa trapassare fluido elettrico da *C* ad *A*. Separati i due corpi toccantisi, e allontanato quindi il tubo *C*, si troverà co' mezzi opportuni il corpo *A* elettrizzato in meno, e il *B* in più. Epino poneva su due sostegni isolanti *E*, *F* (fig. 38) una barra metallica *AB* lunga circa un piede, le sovrapponeva

(*) Gehler's *Phys. Wört.* art. *Elektricität*, p. 302.

in A o in B un pezzo metallico D lungo da un pollice a un pollice e mezzo, attaccato a un filo di seta H, e gli presentava il tubo di vetro strofinato C; quindi col filo di seta ritirava il pezzo D, il quale se era stato posato in A il trovava elettrizzato in meno, se in B trovavalo elettrizzato in più.

In questo fenomeno, richiamando la fig. 31, noi chiamiamo con comun nome *Elettricità accidentali* le due opposte elettricità che si stabiliscono nelle due contrarie bande del corpo AB; e in particolare appelliamo *Elettricità indotta* la elettricità negativa che si manifesta nella parte più vicina a C, *Elettricità attuata* o *di pressione* l'elettricità positiva che si produce dalla banda più lontana da C; chiamiamo *Induzione* o *Attuazione* o anche *Influenza elettrica* l'azione esercitata dal corpo C sull'AB onde produrre un tale spostamento; infine diciamo *Corpo attuante* il corpo elettrizzato C che esercita una tale azione, e *Corpo attuato* l'AB che la soffre. Egli è poi chiaro che la causa di questa azione non è altro che la ripulsione esercitata dal fluido sovrabbondante del corpo C verso il fluido naturale del conduttore isolato AB.

949. *Leggi generali che si osservano in questo spostamento.* Una 1.ª legge si è che un tale smovimento dell'elettrico *non succede che alla superficie*, non uscendo minimamente le parti interne de' conduttori cimentati dal loro stato naturale. Se alla coppa isolata menzionata al § 895, con sopra il suo coperchio e con entro la palla metallica calata sino a toccare il fondo, si presenta un corpo elettrizzato in più, e quindi, alzata la palla sino in mezzo al vano, si ritira il detto corpo, e si estrae la palla, si trova questa allo stato naturale.

950. 2.ª La intensità di queste due contrarie elettricità, sì della indotta esistente nelle parti di B più vicine al corpo attuante A, che della attuata esistente nelle parti più lontane, *è tanto maggiore*

ad altre circostanze pari *quanto più sporgenti sono i punti della superficie ne' quali si considera lo stato elettrico.* Queste due elettricità sono per conseguenza assai intense negli spigoli e negli angoli solidi rivolti o all' innanzi o all' indietro, specialmente se sono molto acuminati, e sono piccolissime e anche sensibilmente nulle nelle parti cave e in quelle che sono coperte da altre.

Per riguardo agli angoli solidi o punte possiamo farne prova con una bacchetta metallica puntuta da una estremità e rotondata dall' altra. Isolatala e presentato alla sua estremità rotondata un corpo elettrizzato in più, la punta mostra nell' oscurità il fiocchetto, giungendo ivi l' elettricità positiva a tale intensità da superare la resistenza dell' aria; se si presenta in vece il corpo elettrizzato alla punta, comparisce in questa la stelletta, divenendo essa punta sì intensamente elettrizzata in meno da forzar l' aria a cederle del proprio fluido naturale. Si possono combinare insieme i due fenomeni, usando d'un conduttore isolato puntuto ad ambe le estremità, e presentando a una di tali estremità il corpo elettrizzato: mostra questa più vicina estremità la stelletta, e l' altra il fiocchetto. Che se il conduttore a due punte si porta, sempre isolato, innanzi al conduttore positivo di una macchina elettrica, queste luci durano finchè essa macchina è in moto. La poca o nessuna azione nelle parti cave, possiamo osservarla nel pozzo di Beccaria a cui sia presentato presso la bocca un corpo elettrizzato in più, mentre esso è posto su di un isolatore ed ha nel fondo la nota secchietta: questa, malgrado lo smovimento dell' elettrico operato dal corpo elettrizzato, si estrae allo stato naturale.

Per mostrare finalmente come le parti d' un corpo coperte da altre non sieno soggette a quest' azione, io prendo un delicato elettrometro a magliette, e nel modo esposto a p. 67, lo cingo tutto all' intorno di

liste metalliche, lo isolo, e vi accosto o di sopra o di fianco un corpo elettrizzato positivamente; nè scorgo nelle pagliette nessun minimo movimento. Tolte le liste, e rifatta la sperienza, le pagliette divergono fortemente, siccome quelle ove rifugge l'elettrico scacciato via dal cappello.

Possiamo con ciò spiegare il fatto ben noto che l'elettricità delle nubi benchè talora fortissima, non è minimamente sensibile agli elettrometri collocati nelle camere chiuse, ed è pochissimo sensibile nelle contrade anguste de' luoghi abitati, e ne' cortili cinti da alte muraglie, essendo all'incontro sensibilissima ne' luoghi aperti, e specialmente in quelli molto prominenti (*). La massa solida infatti del globo insieme colle nostre abitazioni forma come un unico immenso conduttore ove gli smovimenti dell'elettrico, in conseguenza dell'elettricità delle nubi, non hanno luogo che alla superficie esteriore, e a preferenza nelle sue parti più prominenti. Avrebbero però luogo de' segni anche nell'interno delle case, se i materiali di queste fossero coibenti: ma di ciò parleremo più sotto.

951. Tornando ai corpi attuati in genere, e lasciando da parte l'influenza della maggiore o minore prominenza delle parti, osserveremo per 3.ª legge che l'intensità della elettricità negativa è massima ne' punti più vicini al corpo attuante, e va decrescendo successivamente ne' punti gradatamente più lontani dallo stesso; a una certa distanza poi cessa affatto, per dar luogo in distanza maggiore all'elettricità positiva, la quale, crescendo ancor più la distanza, si va rinforzando successivamente sino ai punti più lontani dal corpo attuante medesimo.

952. Una 4.ª legge generale si è che lo smovimento è tanto più forte *quanto maggiore è la quantità del-*

(*) Volta, *Collezione delle opere*, t. I, parte II, p. 171; Saussure, *Voyages dans les Alpes*, § 800.

l'elettrico eccedente nel corpo attuante, della quale quantità esso smovimento è in ragione diretta semplice. Raddoppiandosi cioè o triplicandosi questo eccesso di fluido elettrico, si raddoppia o si triplica anche l'intensità o negativa o positiva in ciascun punto della superficie del corpo attuato, conservandosi però della medesima specie, e mantenendosi nella medesima proporzione dall' un punto all' altro. Tutto questo però nel supposto che la densità dell' elettrico siasi variata in una medesima ragione in tutti i punti del corpo attuante.

953. In fine, per 5.ª ed ultima legge generale, noteremo che lo smovimento dell' elettrico è tanto più grande, *quanto più è vicino il corpo attuante*. Il che si può provare coll' accostare più o meno un corpo elettrizzato al cappello di un elettrometro a pagliette posto, per minor complicazione di effetti, su di un isolatore.

Possiamo ciò comprovare altresì coll'uso de' piatti conjugati rappresentati dalle fig. 39, 40 e 41 (*). Sono essi due piatti conduttori *Aa*, *Bb*, di forma circolare, isolati, e muniti posteriormente o di due semplici pendolini elettroscopici *P* e *Q* come nella fig. 30, o di una coppia per ciascuno di sottili fili conduttori come nella fig. 40, o in fine di due elettrometri a quadrante come nella fig. 41, nelle quali figure si indicano con *a* e *b* le superficie più vicine de' due piatti, con *A* e *B* le più lontane. Elettrizzato in più l'uno de' piatti, p. e. il piatto *Aa* della fig. 39, e accostatolo quindi all'altro *Bb*, si osserva il pendolino *Q* di quest' ultimo innalzarsi gradatamente a proporzione che gli si fa più vicino l'*Aa*, e quando son molto vicini (non però tanto che possa passare elettricità da *Aa* in *Bb*) mostrare quasi gli stessi se-

(*) Sono essi accennati da Volta nella *Collezione* delle sue opere, t. I, parte I, p. 218.

gni, e quindi scendere gradatamente di nuovo a misura che il piatto *Aa* si torna ad allontanare più e più. Tolto poi del tutto il piatto *Aa* dalla presenza di *Bb*, svanisce in questo ogni segno; come pure, senza questo rimovimento, si perde ogni segno in *Bb* col toccare *Aa* per mezzo della mano o d'un altro conduttore non isolato.

Questo innalzamento del pendolino *Q* nasce:

I. Dallo spostarsi che fa nel piatto *Bb* una parte del fluido naturale, il quale abbandona la faccia *b* lasciandola elettrizzata in meno, e si accumula nell'opposta faccia *B* e nel pendolino *Q* rendendoli elettrizzati in più;

II. Dall'essere l'elettrizzato pendolino *Q* respinto lontano dal piatto *Bb* in forza delle azioni combinate delle elettricità distribuite sulle quattro superficie dei due piatti. Tali elettricità sono:

1.ª un'elettricità positiva nella faccia *A* del piatto *Aa*,

2.ª un'elettricità similmente positiva nella faccia *a*,

3.ª un'elettricità negativa indotta, nella faccia *b* del piatto *Bb*,

4.ª un'elettricità positiva attuata, nella faccia *B*.

Di queste le prime due sono prossimamente uguali fra loro (di una piccola differenza fra esse parleremo nel Capo seguente); e le ultime due, prescindendo dalla specie e guardando alla sola grandezza, sono anch'esse prossimamente uguali fra loro, però minori delle due precedenti, e tanto minori quanto è maggiore la distanza de' due piatti. Da queste quattro elettricità se ne hanno quattro azioni verso il pendolino *Q*, tre repulsive ed una attrattiva, tutte e quattro prossimamente della stessa grandezza, giacchè la vicinanza delle due ultime elettricità supplisce alla loro minor copia. Ond'è che esso pendolino *Q* viene respinto presso a poco con quella stessa forza, come se venisse levato il piatto *Aa*, tolto lo stato negativo della

faccia *b*, ed elettrizzata questa in più quanto occorre per contrabbilanciare e trattenere a suo luogo l'elettricità del sistema *BQ*. Per un esempio, se le faccie *A*, *a* hanno ciascuna la carica + 10, e le *b*, *B* hanno le cariche — 6 e + 6 rispettivamente, e le capacità relative del sistema *BQ* e della faccia *b*, supposto rimosso ogni corpo estraneo, sono come 6 a 5 $^1/_2$, sarà il pendolino *Q* respinto colla stessa forza come se mancasse il piatto *Aa*, e la faccia *b* avesse una carica positiva come 5 $^1/_2$. Talmentechè la presenza del piatto elettrizzato *Aa* fa sì che la faccia *B* e il pendolino *Q* mostrino prossimamente le stesse apparenze, come se tutto il sistema *bBQ* fosse elettrizzato in più di elettricità comunicata, con una carica corrispondente alla quantità d'elettrico passata in *BQ*.

Ho già accennato che il pendolino *Q* si alza tanto maggiormente quanto minore è la distanza de' due piatti; ciò nasce dall'essere tanto più copiosa l'elettricità attuata, sì in esso pendolino che nella faccia *B*, e tanto maggiore l'elettricità apparente nel sistema totale *bBQ*.

Per meglio analizzare il fenomeno, si potrebbe formare ciascuno de' due piatti coll' unito pendolino di tre pezzi separabili, cioè di due uguali e sottili lamine combaciantisi e di un pendolino appoggiato esternamente all'una di esse, facendo portare tutti e tre da separati sostegni isolanti. Il modo di usare cotale apparecchio può il lettore facilmente vederlo da sè.

954. *Leggi riguardanti diversi casi particolari.* Abbiamo su questo argomento alcune sperienze di Coulomb, eseguite su più palle metalliche poste a contatto l'una dell'altra in una fila isolata, alla quale in faccia ad una delle estremità veniva presentato un globo elettrizzato (*).

Sperienza 1.ª Le palle erano due, del diametro di

(*) *Memorie dell'Accad. di Parigi* pel 1788, p. 678, 682.

due pollici; il globo elettrizzato che loro si accostava aveva il diametro di otto pollici, ed era posto alla distanza di due pollici dalla palla più vicina (fig. 42). L'esito si fu che essendo questo globo elettrizzato in più, la palla più vicina divenne elettrizzata negativamente, la più lontana positivamente, e di tal maniera che indicata con $+1$ l'intensità media dell'elettricità del globo, quelle delle due palle furono rispettivamente $-\frac{10}{27}$, $+\frac{10}{27}$.

Sperienza 2.ª Le palle erano quattro, dello stesso diametro delle precedenti, e il globo elettrizzato era quello dell'antecedente sperienza, e stava collocato ancora alla medesima distanza di due pollici (fig. 43). E le intensità dell'elettricità nel globo, nella palla più vicina, e in quella più lontana furono come segue (1):

Intensità nel globo . . . . $+1$

nella palla più vicina $-\frac{10}{15}$

nella palla più lontana $+\frac{10}{22}$

955. Il P. Beccaria (2) sospendeva orizzontalmente in un'ampia camera, per mezzo di cordoncini di seta, de' tubi di latta grossi 2 $^3/_4$ pollici e lunghi qualche piede, rivestiti alle bocche di un orlo di cera, e ad uguali e brevi distanze muniti inferiormente per tutta la loro lunghezza di varie coppie di fili con appese delle leggierissime pallette ad uso di elettroscopii: indi presentava ad una delle estremità del tubo che voleva cimentare, alla distanza di circa mezzo piede, una canna di vetro strofinata. E ne ottenne i risultamenti che seguono:

(1) *Memorie dell'Accad. di Parigi pel* 1788, p. 683.
(2) *Elettricismo artificiale*, § 468 e seg.

1.° Gli elettroscopii più vicini alla canna di vetro manifestavano una divergenza procedente da elettricità negativa (venendo respinti dalla cera lacca strofinata); la quale divergenza era massima nell' elettroscopio più vicino e decresceva ne' successivi fino a svanire; proseguendo ad andar più lontano dalla canna di vetro sottentrava una divergenza per elettricità positiva, la quale cominciava piccolissima e cresceva indi gradatamente sino in fine.

2.° Osservando più minutamente vide che il tratto del tubo di latta ove l' elettricità era negativa, era alquanto più breve del tratto elettrizzato in più, essendo però in contraccambio assai maggiore la massima divergenza negativa che non la massima divergenza positiva.

3.° Il punto di separazione delle contrarie elettricità, manifestato dal non essere ivi gli elettroscopii sensibilmente divergenti, variava col variare della distanza della canna di vetro elettrizzata; s' accostava esso alla estremità più vicina alla canna, allorquando questa canna veniva avvicinata maggiormente al tubo, e nel tempo stesso tutte le divergenze positive e le più grandi negative mostravano un ingrandimento; e succedeva tutto l' opposto all' allontanarsi della canna.

4.° Sempre poi svanivano tutte queste divergenze col levar via la canna di vetro.

5.° Fece il Beccaria la sperienza in altro modo, ponendo cioè la canna di vetro elettrizzata al di sotto del punto di mezzo del tubo di latta; nel qual caso questo tubo si divise in tre parti, due estreme elettrizzate in più ed una media elettrizzata in meno.

Esaminò egli eziandio la differenza prodotta dalla varia lunghezza de' tubi di latta; ma io rimanderò alla sua opera que' lettori che desiderassero più ampie particolarità su questo argomento.

956. *Osservazione.* Affinchè le precedenti sperienze diano

i risultamenti che abbiamo indicati sono necessarie alcune avvertenze; altrimenti se ne hanno effetti assai diversi, i quali possono agevolmente far credere che le esposte dottrine sieno fallaci.

Una prima avvertenza si è che il corpo attuante *C* (fig. 31) non sia troppo fortemente elettrizzato; giacchè in questo caso esso comunica della sua elettricità al corpo *AB* facendovela trasportare dall'aria frapposta, e questo corpo *AB* può allora mostrare la medesima elettricità del corpo *C* non solo per un tratto maggiore che mancando una tale comunicazione, ma anche per tutta la sua lunghezza; come appare dalla seguente sperienza del dottore Mohr di Coblenza che si occupò recentemente di questo argomento (1). Servivasi egli di una macchina elettrica a disco di 24 pollici di diametro, in faccia al cui primo conduttore teneva un secondo conduttore isolato d'una lunghezza che poteva far crescere dai due ai quattro piedi, ponendovelo a distanze che variavano da 4 pollici a 4 piedi. Moveva egli il disco di mezzo giro, quindi metteva a contatto del secondo conduttore, ora in uno ed ora in altro luogo della sua superficie, una palletta metallica del diametro di 8 linee isolata su di un lungo e sottile bastoncello di vetro, e a ciascuna volta portava questa palletta presso un delicato elettroscopio di Bohnenberger; e sempre aveva in questa palletta de' segni di elettricità positiva, anche facendola toccare con quella estremità del secondo conduttore la quale stava rivolta verso il primo conduttore; però da questa estremità i segni positivi eran più deboli che dall'estremità opposta. Si accertava poi che ciò nasceva da elettrico comunicato al secondo conduttore, dal vedere che questo continuava a dar segni di elettricità positiva anche dopo scaricato il primo conduttore (2). Non così avveniva allorquando, prima di far muovere di quel mezzo giro il disco, lo sperimentatore poneva fra i due conduttori una lamina di vetro larga un piede e mezzo in quadro, colla quale essi conduttori non fossero a contatto; il secondo conduttore mostrava allora ambedue le elettrici-

(1) Poggendorff's *Annalen der Physik und Chemie* 1835, N.° 10, p. 221.
(2) *Ibid.*, p. 224.

tà, la negativa nella parte più vicina al primo conduttore, la positiva nella parte più lontana. Similmente si avevano dal detto secondo conduttore ambedue le elettricità, se, lasciando pur via il vetro, non faccvasi girare il disco che di qualche pollice.

Una seconda avvertenza è che il conduttore *AB* ove dee succedere lo smovimento, sia bene isolato: perocchè se il suo sostegno lascia qualche piccolo passaggio all'elettricità, può agevolmente avvenire che esso corpo mostri in tutta la sua lunghezza un'elettricità contraria a quella del corpo *C*, cioè nel nostro caso la negativa, venendo mandata nel terreno una porzione di fluido naturale per l'azione del corpo attuante, come vedremo più estesamente fra poco: questa elettricità contraria si mantiene poi qualche tempo anche rimosso il corpo *C*, non essendo quel sostegno, per ipotesi, buon conduttore.

È altresì d'uopo che il conduttore *AB* manchi di punte acuminate; giacchè trovandosi di queste dalla parte vicina a *C*, esso *AB* col loro mezzo assorbirebbe elettrico e si elettrizzerebbe omologamente a *C*; e trovandosene dalla parte lontana da *C*, esso *AB* perderebbe elettrico.

957. *Degli smovimenti prodotti dalla presenza de' corpi elettrizzati in meno ne' conduttori isolati allo stato naturale.*

Eseguendo la sperienza di Wilke descritta al § 948 colla sola differenza che il corpo *C* (fig. 37) sia ora elettrizzato in meno, si trova il conduttore *A* più vicino a *C* elettrizzato in più e il *B* più lontano elettrizzato in meno. La qual cosa mostra che un corpo elettrizzato in meno a cui si trovi dappresso un conduttore allo stato naturale, smove in quest'ultimo una porzione del fluido naturale attraendola verso di sè, e rendendo elettrizzata in più la parte più vicina del detto conduttore ed elettrizzata in meno la più lontana. Anche questo fenomeno si chiama *Attuazione* o *Induzione* o *Influenza elettrica;* e si appella similmente *attuante* il corpo elettrizzato in meno da cui il fenomeno è prodotto, *attuato* quello ove il fenomeno ha luogo, *Elettricità*

indotta l'elettricità positiva che si stabilisce in quest' ultimo corpo dalla banda più vicina al corpo attuante, ed *Elettricità attuata* quella negativa che si stabilisce nel medesimo corpo attuato dalla banda opposta. Talchè in genere, allorquando un conduttore isolato *AB* (fig. 31 e 32) che prima si trovi allo stato naturale, viene esposto all'azione di un altro corpo *C* che sia elettrizzato o in più o in meno, si chiama *Elettricità indotta* quella contraria all' elettricità del corpo attuante *C*, la quale si stabilisce in esso *AB* dalla banda più vicina a *C*, ed *Elettricità attuata* quella omologa all'elettricità di *C* che si stabilisce dalla banda più lontana dal *C* medesimo.

Le leggi dell' attuazione che hanno luogo in questo caso sono affatto simili a quelle già vedute precedentemente pel caso che il corpo attuante sia elettrizzato in più; nè occorre altro cangiamento che quello di ritenere elettrizzati in meno que' luoghi che nel precedente caso erano elettrizzati in più, e viceversa. Le leggi generali sono le medesime, p. e. quella che lo smovimento dell'elettrico ha luogo unicamente alla superficie, quella ch' esso è proporzionale all' intensità dello stato elettrico del corpo attuante, ec.; colla corrispondenza altresì che se il corpo attuante passa da uno stato di elettricità positiva ad uno di negativa egualmente intensa in tutti i suoi punti, le elettricità indotta ed attuata, nel rovesciarsi per riguardo alla specie, prendono intensità uguali a quelle di prima, di maniera che vi sia, p. e., tale eccesso di poi in un dato spazietto superficiale quale difetto vi era dapprima. Durano quindi ancora, ritenuto l'indicato rovesciamento, i risultamenti di Coulomb, quelli di Beccaria, e quelli de' piatti conjugati del § 953.

958. *Considerazioni matematiche.* Cominciamo dallo smovimento prodotto dalla presenza dei corpi elettrizzati in più; e dimostriamo prima di tutto come esso abbia in ogni par-

ticolar caso un limite determinato di cui non possa essere nè più piccolo nè più grande.

Allorquando l'elettrico eccedente in un corpo *C* (fig. 31) comincia ad allontanare da sè una parte del fluido naturale di un vicino corpo *AB*, sorge subito in quest'ultimo per la rarefazione del detto fluido in *A* e per la sua condensazione in *B* una reazione opponentesi a questo smovimento, la quale reazione si fa più grande a proporzione che lo smovimento progredisce, e in fine riesce a trattenerne l'accrescimento.

Per maggiore intelligenza consideriamo una molecola d'elettrico situata nel punto *m* del corpo attuato *AB*. Dopo incominciato il detto smovimento verrà ancora questa particella, per quanto dipende dal corpo *C*, sollecitata a ritirarsi verso *B*; ma per parte del corpo *AB* sarà essa in vece sollecitata a muoversi verso *A*, sì per la ripulsione del fluido accumulatosi in *B* che per l'attrazione della materia resasi deficiente in *A*. Ora questa azione del corpo *AB*, finchè sarà poco lo spostamento operatosi, sarà minore della contraria azione del corpo *C*; ma quando esso spostamento sarà sufficientemente inoltrato, la detta azione di *AB* equilibrerà quella di *C* e farà cessare la continnazione dello spostamento medesimo. Che se per qualche estranea circostanza fosse esso cresciuto oltre a questo segno, dovrebbe l'elettrico retrocedere, fino ad aversi di nuovo l'accennato equilibrio. Talchè è da conchiudere che il detto spostamento si eseguisce sino a tal segno e per tale modo che la ripulsione esercitata dal fluido sovrabbondante di *C* verso qualsivoglia molecola d'elettrico di *AB*, sia compiutamente equilibrata dalla contraria azione che sorge in esso corpo *AB* in conseguenza dello spostamento medesimo.

Questo equilibrio può aversi in due modi, secondo che il punto *m* è situato nell'interno di *AB* ovvero alla sua esterna superficie. Nel primo caso è assolutamente necessario che le forze le quali spingono la molecola d'elettrico situata in *m* sì per parte del fluido sovrabbondante in *C*, come a cagione dello stato elettrico delle varie parti del corpo *AB*, diano una risultante nulla. Nel secondo caso egli basta che la risultante di tutte le forze esercitate da *AB* e da *C* insieme, quando non sia nulla, sia normale alla

superficie di AB e diretta dall'indentro all'infuori, e altresì non superi una certa grandezza, giacchè, trovandosi in queste condizioni, cotal risultante è pienamente vinta dalla resistenza dell'aria a lasciarsi penetrare dall'elettrico.

959. Abbiamo trovato poc'anzi colla sperienza che lo smovimento di cui si tratta è puramente superficiale. Che debba essere tale, può darsene una dimostrazione matematica, la quale io esporrò qui compendiata: per esteso ella può vedersi nella Memoria citata in fine della Prefazione, nel secondo Articolo della Parte seconda.

I. Richiamiamo di nuovo la fig. 23 e la dimostrazione citata al § 914, nella quale si prova dover essere superficiale la distribuzione del fluido sovrabbondante in un corpo isolato esente da azioni straniere. Abbiasi cioè ancora il corpo C, sotto la cui superficie S si immagini condotta assai da vicino la superficie S'. Però in luogo di una quantità di materia ripulsiva distribuita uniformemente nella superficie sferica T, abbiasi una quantità M di essa materia distribuita in qualsivoglia modo nello spazio P collocato all'esterno della superficie S e tale da non inviluppare nè chiudere entro di sè quest'ultima, ma da lasciarla da un lato, rimanendo poi ancor ferma la supposizione che questa materia repulsiva operi in ragione inversa de' quadrati delle distanze.

Immaginiamo lo spazio P diviso in tante parti di minime dimensioni, e le diverse porzioncelle di materia appartenenti a queste parti supponiamole dapprima concentrate ne' rispettivi centri di massa, e poscia diffuse e uniformemente distribuite in tante superficie sferiche descritte intorno a tali centri di massa e toccanti la superficie S'; con che una piccola porzione della considerata massa M passerà nell'intervallo SS', e un'altra molto maggiore rimarrà all'esterno di S. Immaginiamo ripetuta l'operazione su quest'ultima porzione rimasta all'esterno di S, con che un'altra piccola porzione della massa M passerà nell'intervallo SS'. Sulla porzione che ancor rimane all'esterno di S immaginiamo ripetuta la medesima operazione una terza volta; e così seguitiamo innanzi, nello stesso modo che abbiamo indicato al § 914, e colle stesse avvertenze. Ne verremo in fine a concludere che nell'intervallo SS' può essere distribuita

per tal modo una porzione della massa M da esercitare verso i punti compresi dentro S' quella stessissima azione che veniva prima esercitata su essi dalla M quando era distribuita nello spazio P. E potendosi il detto intervallo SS' prendere di quella sottigliezza che più piace, si può altresì conchiudere che *nella superficie* S *può distribuirsi per tal modo una opportuna porzione della massa repulsiva* M, *da esercitare verso i punti contenuti al di dentro della* S *medesima quella stessa azione che su essi viene esercitata dalla massa* M *distribuita nello spazio* P.

II. Concepiamo che lo spazio chiuso dalla superficie S sia occupato da una quantità K di materia repulsiva della qualità già contemplata, distribuita però con una qualsivoglia legge di densità. Quando questa materia sia in sufficiente copia, e nominatamente ogni volta che ella non sia più poca della massa M, si può sempre determinare uno strato di essa materia contiguo alla superficie S, il quale eserciti verso i punti collocati al di dentro quella stessa azione che viene su essi esercitata dalla massa M. Si immagini infatti che questa massa M, col mezzo, p. e., di tanti piani paralelli, sia divisa in un gran numero di minime parti m, m', m'', ec.; e si concepisca che nella superficie S venga disposta in tal modo una conveniente porzione della accennata materia repulsiva K che essa equivalga alla m nell' azione verso i punti interni, la qual porzione sia formata dalle molecole di K più prossime ad S, mossesi normalmente alla S medesima, e in questa condensatesi. Collo staccarsi di queste molecole, la parte residua della massa K verrà ad avere un'altra superficie esterna S'; e su questa si immagini disposta un'altra porzione della detta K, che sia formata dalle molecole più prossime ad S' mossesi normalmente alla S' medesima, e sia distribuita in modo da equivalere alla m' nell' azione verso i punti interni. E così si continui finchè sieno esaurite tutte le parti m, m', m'', ec. Con che si avrà una serie di superficie S, S', S'', ec. nelle quali si troverà distribuita una parte della K in modo da equivalere alla intera M nell' azione verso i punti interni. Si supponga ora immensamente grande il numero delle parti m, m', m'', ec., e si concepisca restituita alle proprie sedi la parte di materia appartenente alle superficie S, S', S'', ec., e soppressa la parte rimanente

della *K*. E si avrà sotto alla superficie *S* uno strato, formato da una parte della materia *K*, con la medesima distribuzione che questa materia aveva dapprincipio e senza avervi altro fatto che determinare opportunamente la superficie interna, il quale strato eserciterà verso i punti ad esso interni un'azione quasi affatto equivalente alla *M*, e tanto più avvicinantesi alla perfetta equivalenza quanto più numerose si saranno prese le parti m, m', m'', ec. Donde appare che può essere determinato nella massa *K* un tale strato da equivalere precisamente alla *M* nella detta azione verso i punti interni.

E anzi si può determinare una infinità di tali strati; de' quali uno sarà quello a cui si arriva mediante le operazioni sovrammenzionate, e gli altri nasceranno dall'aggiungere internamente ad esso, insino a che piaccia, altri ed altri inviluppi chiusi presi nella detta massa *K* e privi di azione verso i punti interni (p. 88), ovvero dal togliere internamente allo stesso uno di questi inviluppi più o men grosso. Però la sottrazione non potrà oltrepassare un certo limite, ma solo potrà arrivare al segno di lasciare uno strato cui in qualche punto corrisponda la grossezza zero.

È poi facile a vedersi che quando nella superficie *S* la parte più vicina ad *M* e quella più lontana sono fra loro simmetriche, lo strato di materia repulsiva di cui si tratta dev'essere più grosso nella parte più vicina, dovendo questa parte più vicina esercitare verso i punti situati al di dentro di *S* un'azione notabilmente più forte di quella esercitata in direzione contraria dalla parte più lontana.

III. Passiamo ora al caso concreto dei corpi elettrizzati. Sia *C* un corpo allo stato naturale, *P* un corpo elettrizzato in più postogli dinanzi, coll'elettrico sovrabbondante distribuito comunque, conformemente o no alle leggi dell'equilibrio, giacchè *P* può anche essere coibente. Immaginiamo determinato sotto alla superficie del corpo *C*, supposto ancora allo stato naturale in tutte le sue parti, uno strato di fluido naturale la cui separata azione verso i punti collocati al di dentro equivalga all'azione del corpo *P*; e supponiamo levato da *C* un tale strato, il quale, essendo compiutamente supplito dalla presenza del corpo *P*, lascerà le molecole d'elettrico collocate all'interno di

sè in un perfetto equilibrio. E il fluido levato immaginiamolo restituito nuovamente al corpo *C*, ma distribuito in modo da formare uno strato superficiale il quale separatamente considerato sia privo di azione verso i punti interni. Il corpo *C* avrà ancora, dopo ciò, tutta la sua quantità naturale d'elettrico; e qualsivoglia molecola di questo fluido situata al di dentro dell'aggregato de' due strati elettrizzati si troverà in perfetto equilibrio. La distribuzione adunque di equilibrio in un conduttore *C* soggetto all'azione di un corpo *P* elettrizzato in più, consisterà in *un aggregato di due strati superficiali compenetrantisi in parte a vicenda, l'uno di materia deficiente atta ad equilibrare l'azione del corpo* P *verso tutti i punti interni, l'altro di fluido sovrabbondante, bastevole per la quantità a saturare la detta materia deficiente, e distribuito in modo da esser privo d'azione verso i punti interni.* Ne' punti di questo aggregato più vicini a *P* prevarrà la materia deficiente, ne' più lontani il fluido sovrabbondante, e di mezzo saravvi una linea di separazione allo stato naturale.

IV. Dove la superficie di *C* è elettrizzata in più, le molecole più superficiali del fluido elettrico saranno spinte all'infuori con una forza proporzionale all'intensità dell'elettricità positiva ne' rispettivi punti, e precisamente colla stessa forza come in un corpo elettrizzato per eccesso e non soggetto ad azioni straniere, in punti ove l'elettricità positiva abbia l'intensità medesima. E nella parte dove la detta superficie è elettrizzata in meno, le molecole d'elettrico appartenenti alle più prossime particelle d'aria saranno attirate con forza proporzionale all'intensità dell'elettricità negativa, e precisamente colla forza medesima come in un corpo elettrizzato in meno e non soggetto ad azioni estranee, in punti ove l'elettricità sia ugualmente intensa. Dal che si deduce altresì che:

Nella parte di superficie elettrizzata in più, l'elettrico eccedente si appoggia immediatamente alla superficie stessa senza lasciare all'esterno di sè nessun vano, ma anzi essendo premuto e condensato contro la superficie medesima. E all'incontro nella parte deficiente non arriva il fluido elettrico insino alla superficie, ma si tiene alcun poco al di

sotto; talchè all'estrema superficie v'ha ivi un sottile strato di materia ponderabile mancante del suo fluido naturale, e al di sotto di questo strato tutto è allo stato naturale.

Ho procurato di indicare questa distribuzione colle figure 44 e 45. Nella fig. 44 vien figurato il corpo *ABCD* spogliato alla sua superficie di uno strato *ABDEabde* di fluido naturale, la cui azione verso i punti interni ad *abde* equivalga a quella del fluido eccedente nel corpo attuante *C*. E nella fig. 45 rappresentasi collo strato *a'BDEabde* il modo con cui il fluido detratto torna nuovamente ad esser restituito al corpo *ABCD*. In quest'ultimo strato vi ha una parte *BDED'B* ove l'elettrico ha una densità maggiore di quella della dose naturale (preso il termine densità nel suo proprio senso); tutta la parte rimanente di esso strato non è che la dose naturale della materia di cui occupa il luogo; in fine esso strato lascia deficiente all'esterno di sè una sottilissima calotta *BAEa'B* della materia del corpo. Ha poi questo strato restituito *a'BDEabde* una distribuzione quasi identica con quella cui prenderebbe la medesima quantità d'elettrico se venisse comunicata al corpo *a'BDE* mentre questo fosse allo stato naturale e non soggetto ad azioni straniere, dovendo in entrambe le maniere di distribuzione esser nulla l'azion totale della detta quantità di fluido verso i punti situati internamente. Se cioè, tanto per lo strato restituito, quanto per quello del fluido comunicato ad *a'BDE* nel supposto che questo sia in istato naturale, si immaginano riferite ai diversi punti della superficie *a'BDE* tutte le molecole di fluido elettrico situate nelle varie normali alzate rispettivamente da questi punti, non si ha differenza sensibile dall'uno strato all'altro nelle due intensità corrispondenti a ciascun punto della detta superficie *a'BDE*; vale a dire non si ha che una differenza minima, valutabile bensì quando si stia alle sottigliezze teoriche, ma affatto trascurabile pel calcolo e per le osservazioni.

960. Per riguardo alle leggi particolari di questo smovimento ne' singoli corpi, non si è ancora potuto assoggettare pienamente al calcolo che un solo caso, cioè quello dove il corpo attuato è una sfera. In questo caso, quando il corpo attuante sia un semplice punto elettrizzato in più, si ha la distribuzione dell'elettricità immaginando: 1.° che

venga detratto dalla sfera uno strato superficiale di fluido naturale la cui massa sia minore di quella concentrata nel punto attuante nella proporzione che il raggio della sfera è minore della distanza fra il suo centro e il punto attuante medesimo, e la cui grossezza ne' varii punti sia proporzionale *ai cubi inversi delle distanze* fra essi punti e il punto attuante; 2.° e che poscia questo fluido detratto torni a distribuirsi *uniformemente* tutto all' intorno della sfera.

In questa sfera così elettrizzata per influenza, la linea di separazione fra le due elettricità si trova a una distanza dal punto attuante misurata da

$$\sqrt[3]{abc},$$

essendo *a*, *b*, *c* le distanze del punto attuante dal punto più vicino della sfera, dal centro di essa, e dal suo punto più lontano, rispettivamente (*).

Se si chiama in questa sfera

r il raggio,

b la distanza del suo centro dal punto attuante, sarà il centro di massa dello strato che abbiam supposto detratto, distante dal centro di figura della sfera della quantità

$$\frac{r^2}{b}.$$

La grossezza che ha ne' varii suoi punti questo strato rimosso è proporzionale altresì ai cubi inversi delle distanze di essi punti da cotal centro di massa; e l'azione che verrebbe esercitata dallo strato rimosso medesimo verso i corpi esteriori è quella stessa come se esso strato fosse concentrato nel detto suo centro di massa.

Quando un conduttore di figura qualunque sia esposto

(*) Queste cose si possono dedurre dal § 39 e seg. della prima Memoria di Poisson sulla distribuzione dell'elettrico (*Memorie dell'Istituto di Francia, Classe Matem. e Fis.*, anno 1811), riguardando come un punto la minore delle due sfere ivi considerate.

all'azione di un corpo elettrizzato in meno, è facilissimo a intendersi come debba aver luogo quella corrispondenza col caso d'un corpo attuante elettrizzato in più la quale abbiamo menzionata poc' anzi al § 957.

Degli spostamenti prodotti ne' conduttori isolati già elettrizzati in più o in meno.

961. *Spostamento in un conduttore elettrizzato in più per la presenza di un corpo elettrizzato similmente in più.* Se ad un conduttore *AB* elettrizzato in più noi accostiamo un qualunque corpo *C* pure elettrizzato in più (fig. 33), avviene nel primo di essi che una porzione di fluido elettrico abbandona la parte *A* più vicina a *C* e si porta verso la *B* più lontana, accrescendo in questa parte *B* la densità del fluido sovrabbondante, e facendola scemare nella *A*, e anzi talvolta producendo in *A* uno stato negativo. Il che riesce sensibile colla seguente sperienza dovuta a Canton e a Franklin. Si appendano due sottilissimi fili ad un'estremità di un cilindro metallico isolato ed altri due alla estremità opposta; si elettrizzi tale cilindro in più, e quindi si accosti ad una delle dette estremità un corpo elettrizzato positivamente; si vedrà diminuire quivi la divergenza de' fili, ed aumentare nella estremità opposta (*). E se si avvicini d'assai il corpo attuante, e sia questo abbastanza elettrizzato, potrà la prima di queste divergenze sparire affatto e sottentrarne una per elettricità negativa; il che avverrà quando il corpo attuante non solo scacci dalla estremità più vicina del cilindro tutto il fluido sovrabbondante, ma eziandio una parte della dose naturale. Questa sperienza si può eziandio eseguire e in un modo ancor più parlante, co' tubi di Beccaria accennati al § 955.

(*) Priestley, *Histoire*, ec. T. II, p. 21 e 29.

Abbiamo già considerati nel Capo precedente alcuni fatti che si riferiscono al presente caso. Avendosi, p. e., due palle elettrizzate in più a vicendevole contatto, l'elettrico sovrabbondante in ciascuna di esse è più addensato ne' punti più lontani dall'altra palla che non ne' più vicini (§ 899). In una fila isolata di palle conduttrici, comunicanti fra loro ed elettrizzate in più, ciascuna metà della serie ha il fluido sovrabbondante più diradato nelle palle più vicine all'altra metà e più addensato in quelle più lontane (§ 900).

962. Segue da ciò, a maggior rischiaramento delle dottrine già spiegate riguardo alla *Tensione elettrica* (§ 934 e seg.), che avvicinando l'uno all'altro due corpi elettrizzati in più le tensioni loro si rinforzano; talchè unendo all'un d'essi un elettrometro dalla banda più lontana dall'altro corpo, cotale strumento dà col detto avvicinamento delle indicazioni maggiori. Ciò nasce evidentemente dal venire spinta nell'elettrometro una nuova quantità d'elettrico, e dall'ingrandirsi con ciò l'azione respingente sofferta dal pendolino, crescendo quest' azione sì per la più copiosa elettricità in esso pendolino che pel numero maggiore de' corpi respingenti.

Ciò si può render chiaro co' due piatti conjugati della fig. 41. Si prepara elettrizzato in più il piatto *Bb* e gli si avvicina il piatto *Aa* elettrizzato positivamente; e si osserva l'elettrometro del primo innalzarsi maggiormente, e arrivare a una divergenza corrispondente a tal sovrabbondanza d'elettrico, quale è la quantità che realmente in lui eccede con di più la quantità che la presenza di *Aa* fa in esso comparire.

Da cotale rinforzamento vicendevole delle tensioni in più corpi che si avvicinino, dotati tutti di elettricità positiva, si ha la spiegazione del fatto veduto a pag. 107, cioè che in un aggregato di corpi la capacità per l'elettrico è minore della somma delle capacità separate. Si abbiano infatti molti corpi tutti elettriz-

zati in più a tal punto da essere tutti separatamente in equilibrio con un elettrometro a quadrante montato nel modo di Volta (p. 110, § 936) e indicante 10°. Uniti insieme faranno salire l'elettrometro assai più, e converrà togliere loro molto fluido elettrico, perchè lo strumento scenda ancora a 10°. Così pure se si ha una boccia di Leida carica a 10° (p. 109), la quale prima si trovi separatamente in equilibrio con tutti, nol sarà più quando essi corpi saranno uniti, se già non siasi loro similmente levata una notabile quantità d'elettrico. Di qui appare che unendo più corpi insieme divien minore la somma delle loro capacità per l'elettricità positiva. Essendo poi lo stesso il rapporto delle capacità di più corpi o sistemi di corpi sì per l'una che per l'altra specie di elettricità, il detto risultamento vale anche pel caso dell'elettricità negativa.

963. *Osservazione.* Vi hanno de' casi ne' quali il corpo attuante, quantunque elettrizzato in più, fa diminuire i segni positivi del corpo attuato. Ciò avviene quando cotale corpo attuante, essendo anch'esso conduttore, è molto esteso ed ha una elettricità assai debole in confronto di quella dell'attuato; nel qual caso quella parte di esso attuante la quale è più vicina al corpo attuato medesimo, può per l'azione di quest'ultimo rendersi elettrizzata in meno, e in grazia della di lei minor distanza operare più energicamente che non la parte più lontana elettrizzata in più. Si osserva allora che avvicinando gradatamente il corpo attuante da un luogo assai lontano, dapprima esso opera come corpo elettrizzato in più, con forza gradatamente crescente, poi, seguitando ad avvicinarlo, questa sua forza diminuisce, e dopo ancora esso corpo attuante opera come elettrizzato in meno. Ma di questa reciproca azione del corpo attuato sull'attuante parleremo più di proposito nel Capo IV. Intanto avvertiremo che l'azione del corpo attuante è quella dovuta alla disposizione dell'elettrico che in lui ha luogo mentre è presente all'attuato; e che le cose esposte precedentemente in questo

articolo suppongono che il corpo attuante sia elettrizzato in più in tutte le sue parti.

964. *Spostamento prodotto in un conduttore elettrizzato in più per l'avvicinamento di un corpo elettrizzato in meno.* Quando il conduttore *AB* elettrizzato in più che si assoggetta all'attuazione (fig. 34), ha dinanzi a sè un corpo *C* elettrizzato in meno, succede un maggiore accumulamento di fluido elettrico nella sua parte anteriore o più vicina a *C* e un diradamento nella parte posteriore; e questo diradamento, se l'azione di *C* è molto grande, può giungere al segno da rendere la detta parte posteriore elettrizzata in meno. Il che tutto si può dimostrare o col già detto cilindro di Canton o co' tubi del Beccaria. Possono anche servire assai bene i due piatti conjugati menzionati a' § 953, 962. Essendo, p. e., il piatto *Bb* (fig. 41) elettrizzato in più, e l'*Aa* in meno, l'accostamento di quest'ultimo fa abbassare l'elettrometro *Q* del primo; e quando l'elettricità negativa di *Aa* sia sufficientemente più forte di quella positiva di *Bb*, con un bastevole accostamento possono affatto sparire nel l'elettrometro *Q* i segni positivi e sottentrare i negativi. In generale l'indicazione di questo elettrometro è quella ch'ei darebbe se dalla elettricità reale che il corpo attuato possiede, si togliesse quella di cui, non essendo elettrizzato, comparirebbe deficiente per la presenza del corpo attuante.

965. *Spostamenti dell' elettrico in un conduttore elettrizzato in meno per la presenza di corpi elettrizzati in più o in meno.* Quando il corpo che soffre l'attuazione sia stato precedentemente elettrizzato in meno, l'avvicinamento di un corpo attuante elettrizzato in più aumenta lo stato negativo della parte più vicina, e diminuisce quello della più lontana; e in vece l'avvicinamento di un altro corpo elettrizzato similmente in meno accresce la deficienza nella parte

più lontana, e la diminuisce nella più vicina. Non entrerò qui in molte particolarità, potendosi queste dedurre dai casi precedentemente contemplati; perciocchè se ai due corpi elettrizzati attuantisi considerati in uno qualsivoglia di cotali casi, noi togliamo le loro elettricità e ne diamo delle contrarie egualmente forti, si vengono ad avere in tutti i loro punti superficiali delle elettricità contrarie alle precedenti e ugualmente intense. Nè aggiungerò spiegazioni, essendo facilissime. Solamente mi fermerò un momento su alcuni fatti risguardanti la *Tensione elettrica*.

Abbiamo veduto al § 962 che quando si avvicinano l'uno all'altro due o più corpi elettrizzati per eccesso, le tensioni nelle parti più lontane delle loro superficie si rinforzano; e da ciò abbiamo anche dedotto che la capacità di un sistema di corpi per l'elettricità positiva è minore della somma delle capacità separate de' corpi stessi, come si sapeva già per esperienza. Ora, per le cose testè dette, tutto ciò ha luogo anche per l'elettricità negativa. Si rinforza cioè la tensione di un corpo elettrizzato in meno, allorchè dalla banda più lontana dall'elettrometro gli si accosta un altro corpo elettrizzato similmente in meno; e anzi il rinforzamento è lo stesso, a pari situazione rispettiva de' due corpi, come quando ciascun d'essi ha un'elettricità positiva egualmente forte. Così pure s'accresce la tensione e a maggior ragione, unendo insieme più di due corpi elettrizzati negativamente. E di qui si può dedurre come nell'unir più corpi, diminuisca la capacità anche per l'elettricità negativa; ma di ciò basti quanto si è detto al § 962.

Abbiamo altresì veduto nel paragrafo precedente, che nel piatto *Bb* elettrizzato in più il pendolino *Q* si abbassa coll'avvicinare ad esso piatto, dalla banda contraria all'elettrometro, il piatto *Aa* elettrizzato in meno. Ora, per la somiglianza che abbiam detto aver

luogo ne' fenomeni al rovesciarsi delle elettricità, avviene un abbassamento simile nel pendolino Q anche quando al piatto Bb elettrizzato in meno si avvicina nel modo medesimo il piatto Aa elettrizzato in più. Dai quali due fatti si deduce che *in un conduttore elettrizzato comunque, la tensione diminuisce allorquando si avvicina al medesimo, dalla banda più lontana dall' elettrometro, un corpo elettrizzato contrariamente.*

966. *Considerazioni generali:* Tutti questi cambiamenti che avvengono nello stato elettrico de' conduttori elettrizzati per la presenza di altri corpi anch' essi elettrizzati, hanno luogo alla sola superficie, rimanendo le parti interne nel loro stato naturale, come abbiamo finor veduto avvenire in ogni altra alterazione dello stato elettrico de' conduttori.

I modi particolari poi di cotali cambiamenti, sono numerosissimi e variatissimi, potendo diversificare per un gran numero di circostanze, che sono:

1.° Le varie circostanze del corpo attuante, vale a dire la forma di esso, la carica elettrica, la specie dell' elettricità, l' esser egli coibente o conduttore, la distanza dal corpo attuato, la maniera con cui egli è presentato al corpo attuato medesimo, cioè piuttosto con un suo lato ovvero con un altro, piuttosto a un lato dell'attuato o piuttosto all' altro: complicate poi e talvolta bizzarre sono le leggi degli spostamenti pel mutare di posizione de' corpi attuantisi (veggasi, p. e., il § 963).

2.° Le circostanze del corpo attuato, vale a dire la sua forma e la sua carica elettrica.

3.° Le vicende a cui possono andar soggette le elettricità di questi due corpi mentre stanno in faccia l'un dell' altro; vale a dire l'essere per avventura l' azione del corpo attuante accompagnata da comunicazione della sua elettricità all'attuato col mezzo dell' aria frapposta; lo sfuggire cotale elettricità del corpo attuante da' sostegni quando non sieno bene isolanti; il dis-

siparsi in fine essa elettricità nell' aria, specialmente dalla banda più lontana dal corpo attuato; e l'aver luogo per avventura simili cangiamenti anche in cotale corpo attuato. Perciocchè il modo dello spostamento in ciascun istante è quello dovuto alle circostanze de' due corpi nell' istante medesimo.

Ad onta però di una tanta moltiplicità di modi, il lettore che abbia ben appresi i precedenti generali principii, si troverà, io spero, sempre in grado di darne piena ragione dopo vedutili, e moltissime volte potrà anche prevederli anticipatamente. Gioverà nullameno ch' egli ne esamini diversi, col mezzo degli apparecchi già menzionati ovvero di altri, all' oggetto di famigliarizzarvisi.

967. Volendo conoscere con precisione la distribuzione dell' elettrico in questi diversi casi, converrà ricercare separatamente:

1.° La distribuzione dell' elettricità precedentemente comunicata;

2.° L' effetto separato dell' attuazione, ossia la distribuzione che avrebbe luogo per la sola presenza del corpo attuante, quando al corpo attuato non fosse stata precedentemente comunicata elettricità veruna nè positiva nè negativa.

Quindi converrà immaginare sovrapposte e compenetrate le due distribuzioni, immaginare cioè nella superficie del corpo sottoposto all' attuazione una distribuzione tale, che l' intensità dell' elettricità in un punto qualsivoglia di questa superficie sia uguale alla somma o alla differenza delle intensità corrispondenti alle due distribuzioni particolari, uguale alla somma se le due intensità separate appartengono a elettricità omologhe, uguale alla differenza loro se appartengono a elettricità contrarie, nel quale ultimo caso la specie dell' elettricità risultante si desumerà da quella di intensità maggiore.

Con questa distribuzione infatti tutte le azioni esercitate su qualsivoglia molecola dell' elettrico interno si fanno vicendevolmente equilibrio: quelle esercitate in conseguenza

dell' elettricità già posseduta dal corpo attuato disposta come se mancasse il corpo attuante, si equilibrano fra loro separatamente; e quelle dipendenti dall' elettricità smossa fanno equilibrio con quelle esercitate dal corpo attuante.

È poi da avvertire che per queste determinazioni è necessario conoscere anticipatamente la distribuzione definitiva dell' elettrico nel corpo attuante, giacchè l'effetto dell' attuazione è quello dovuto a cotale distribuzione definitiva. Siccome però questa dipende a vicenda dal vario stato del corpo attuato, così le determinazioni di cui si tratta sono molto difficili quando si vogliano rigorose, e dobbiamo per lo più contentarci di cognizioni approssimative. Altre cose su questo argomento le serberemo pel Capo seguente.

968. Consideriamo ora come succeda la *Composizione degli smovimenti prodotti dall' azione combinata di varii corpi elettrizzati.* Abbiasi un conduttore isolato, il quale si trovi o allo stato naturale o già elettrizzato in più o in meno, e sia sottoposto all' azione attuante di diversi corpi elettrizzati comunque, o tutti in più o tutti in meno o parte in più e parte in meno. Però di ciascuno di questi altri corpi si supponga già conosciuta la distribuzione definitiva dell'elettricità, e quindi la definitiva separata azione attuante. Per conoscere la distribuzione che avrà luogo nel conduttore attuato, ecco in qual modo si procederà.

Si comincerà a determinare la distribuzione che prenderà in esso conduttore la sua elettricità propria, prescindendo da ogni azione attuante.

Si determinerà quindi la distribuzione che avrebbe luogo nel corpo attuato medesimo sotto l'azione separata di uno de' corpi attuanti, nel supposto che esso corpo attuato non avesse elettricità propria, ma prima di essere esposto alle azioni attuanti si trovasse allo stato naturale, e ritenuta nel corpo attuante considerato la distribuzione definitiva cioè quella ch'esso ha effettivamente trovandosi in presenza e del corpo attuato e di tutti gli altri attuanti.

Poscia si determinerà la distribuzione che si stabilirebbe nel medesimo corpo attuato per l' azione separata di un altro corpo attuante, fatte le supposizioni medesime, cioè che nel corpo attuante si consideri la distribuzione definitiva, e che nell'attuato non vi abbia elettricità propria.

E lo stesso si farà successivamente per riguardo a tutti gli altri corpi attuanti.

E dopo ciò si immagineranno sovrapposte l'una all'altra e insieme compenetrate tutte queste distribuzioni; di maniera che in un punto qualsivoglia del corpo attuato si abbia quella specie e quella intensità di elettricità che risultano dal sommare insieme tutte le intensità positive relative a quel punto e tutte le intensità negative, e dal dedurre la seconda somma dalla prima. E sarà questa la distribuzione che avrà effettivamente luogo nel corpo attuato quando l'elettricità siasi ridotta allo stato di equilibrio. Con questa distribuzione infatti tutte le azioni che operano su ciascuna molecola dell'elettrico naturale esistente nell'interno del corpo, si fanno vicendevolmente equilibrio.

Da ciò noi veggiamo che in un conduttore ottimamente isolato, elettrizzato o no, e sottoposto o no ad azioni attuanti, ogni comunicazione di fluido elettrico, ogni sottrazione di esso, ogni accostamento di un corpo elettrizzato, produce in tutti i punti quella stessa aggiunta o sottrazione di fluido elettrico, come se prima di ciò esso conduttore non avesse elettricità propria e non fosse soggetto a veruna azione attuante.

Da queste dottrine noi possiamo eziandio ricavare qualche cognizione pel caso che siano più d'uno anche i corpi attuati; stantechè in uno qualsivoglia di questi piglia l'elettrico quella distribuzione che è voluta e dalla quantità di questo fluido che si trova sovrabbondante o deficiente in esso corpo, e dalle azioni di tutti i corpi attuanti, e dalle azioni altresì di tutti gli altri corpi attuati. Se, per esempio, a un corpo *C* elettrizzato in più noi presentiamo due corpi isolati *AB*, *A'B'* privi di elettricità propria e disposti nel modo rappresentato dalla fig. 46, succederanno ancora in questi degli smovimenti della stessa specie come se ciascuno d'essi corpi fosse presentato separatamente, ma questi smovimenti saranno minori. Essendo invece essi corpi *AB*, *A'B'* disposti nel modo indicato dalla fig. 47, lo smovimento in *AB* sarà favorito dalla presenza di *A'B'*, e quello in *A' B'* il sarà dalla presenza di *AB*.

969. È facile dopo ciò il determinare il modo con cui si dee distribuire l'elettricità alla superficie di una sfera

conduttrice, elettrizzata o no, alla cui presenza si trovi un corpo di qualsivoglia forma ed elettrizzato comunque, anche con elettricità di ambedue le specie nelle sue varie parti, purchè di questa sua elettricità si conosca la distribuzione definitiva.

Si immaginerà decomposto il corpo attuante in tante piccolissime parti. Scelta fra queste parti una di quelle elettrizzate in più, si concepirà ch'ella scacci dalla superficie della sfera una quantità di fluido elettrico quale abbiamo indicata al § 960, togliendola ai diversi punti di essa sfera colla legge ivi dichiarata, cioè proporzionalmente ai cubi inversi delle distanze fra essi punti e il centro di massa della detta piccola parte scelta; e quindi si concepirà che questa elettricità scacciata torni a distribuirsi sulla superficie della sfera equabilmente; e lo stesso si immaginerà fatto per ciascuna delle altre piccole parti del corpo attuante che sono elettrizzate in più. E per riguardo a ciascuna di quelle elettrizzate in meno, si concepirà levato dalla detta superficie sferica uno strato d'elettrico di intensità uniforme e d'una massa quale è data dal suddetto § 960, e richiamato quindi nuovamente questo elettrico sulla medesima superficie sferica per distribuirvisi con la stessa legge de' cubi inversi ivi indicata e testè citata. Fatto ciò per tutte le parti del corpo attuante, e supposte compenetrate insieme tutte le diverse distribuzioni che ne risultano, con quella altresì della elettricità propria della sfera, avremo il totale effetto dell'attuazione.

Sarebbe questo prossimamente il caso della superficie del mare o anche di una estesa pianura sottòmessa all'azione di una sovrapposta nuvola elettrizzata. Supposto che questa nuvola sia elettrizzata in più, converrebbe dapprima considerare che l'elettrico in essa sovrabbondante apparteneva in origine al globo terrestre, il quale perciò si trova deficiente di altrettanto; e per conseguenza converrebbe prima di tutto immaginare distribuita uniformemente questa deficienza su tutta la superficie terrestre, riguardando in ciò la terra, per maggiore facilità, siccome perfettamente sferica. Quindi si dovrebbe concepire che ciascuna delle molecole elettrizzate componenti la nube scacciasse dai diversi punti della medesima superficie terrestre

una quantità di fluido elettrico proporzionale ai cubi inversi delle distanze da essa molecola a cotali punti, essendo la quantità totale scacciata da ciascuna misurata nel modo accennato al § 960. E in fine converrebbe immaginare nuovamente restituita la somma di tutte le quantità scacciate, e distribuita sulla superficie del globo uniformemente. Siccome la prima deficienza che abbiam detto doversi ammettere è prossimamente compensata da quest' ultima restituzione, così trascurando alcune quantità affatto insensibili, ne risulta per la superficie del globo uno stato negativo, la cui intensità è massima al di sotto della nube, e va rapidamente decrescendo coll' allontanarsi da questa, e a quaranta o cinquanta miglia di distanza è affatto impercettibile.

Assai più complicato è il modo di distribuzione dell' elettricità, quando non son piane le parti del globo a cui sono sovrapposte le nubi elettrizzate; in questo caso l' elettricità contraria si trova accumulata specialmente nelle prominenze, e fra queste in quelle che sono più vicine alla nube elettrizzata, e che sono più elevate delle altre, e più lontane da altre parti prominenti; giacchè trovandosene vicine parecchie, l' elettricità delle une impedisce alquanto, come abbiam detto, quella delle altre.

970. L' azione dalla quale in questi casi sono spinte verso l' aria contigua le più superficiali molecole d' elettrico in que' punti ove il corpo attuato è elettrizzato in più, come pure l' azione colla quale le molecole del fluido naturale dell' aria contigua sono attratte verso il corpo nei punti ove questo è deficiente, queste due azioni, dico, sono dipendenti dalla sola intensità dell' una o dell' altra elettricità, senza che altra circostanza v' influisca; e a pari intensità e specie di elettricità sono le stesse come ne' conduttori elettrizzati non soggetti ad azioni straniere.

Per maggiore intelligenza supponiamo che in un corpo *AB* (fig. 48) elettrizzato in più si venga ad aumentare in *A* la densità dell' elettrico eccedente mediante l' accostamento di un corpo *C* elettrizzato in meno; e fingiamo che in un altro simile corpo *A'B'* esente da azioni straniere si abbia nel punto *A'* omologo ad *A*, la medesima densità dell' elettrico come in *A*, in forza di una maggiore carica. Noi avremo in *A* e in *A'* delle tendenze ugualmente

forti dell'elettrico a uscire; perocchè quella parte di azione che viene esercitata sulle molecole dell'elettrico adunato in *A*, dal corpo deficiente *C* che attrae quelle molecole verso di sè, viene nel corpo *A'B'* supplita dalla maggior ripulsione che le molecole d'elettrico adunato in *A'* sentono dall'elettrico sovrabbondante in *A'B'*, nel qual corpo, specialmente dalla banda di *B'*, vi ha maggior copia di esso elettrico che nelle parti corrispondenti di *AB*.

971. *Osservazione.* Tutte le sopraddette azioni attuanti operano anche attraverso ai corpi. Le sperienze di Wilke e di Epino rappresentate dalle fig. 37 e 38, sia che il corpo attuante *C* si trovi elettrizzato in più, sia ch'esso si trovi elettrizzato in meno, riescono anche allorquando fra esso corpo e l'*AB* si frapponga un'ampia lamina di vetro inverniciata ed asciutta. E lo stesso dicasi delle altre sperienze superiormente riferite. Donde si trae, come avevamo annunciato al § 925, che la ripulsione che l'elettrico soffre dall'altro elettrico e l'attrazione ch'esso soffre dalla materia deficiente, operano anche attraverso ai corpi.

Quando però i corpi frapposti sono conduttori, il corpo attuante smove il fluido naturale anche in questi, e fa in essi nascere un'azione verso il corpo attuato, la quale si associa a quella del corpo attuante medesimo, e la altera, e talvolta anche la distrugge. Si pigli un elettrometro a pagliette, lo si collochi su di un piatto metallico, e lo si copra con una campana di vetro asciutta: avvicinato un corpo elettrizzato, le pagliette si moveranno; ma bagnata esternamente la campana in modo che l'umido tocchi in qualche punto anche la lamina metallica, il corpo elettrizzato non produrrà più alcun movimento (§ 949).

Dello smovimento dell' elettrico nei corpi non isolati.

972. Se all' azione di un corpo *C* elettrizzato in più viene esposto un conduttore *AB* non isolato (fig. 35), elettrizzasi questo negativamente in tutta la sua superficie, più fortemente ne' punti più vicini al corpo attuante, più debolmente ne' più lontani. Ecco alcune delle molte sperienze in prova di un tal fatto.

Nella sperienza di Epino citata al § 948, se il corpo *AB* vien fatto comunicare col terreno, il pezzo *D* acquista elettricità negativa dovunque sia collocato, più forte però in *A* e più debole in *B*. Nella sperienza di Coulomb dove a un globo elettrizzato positivamente vengono presentate più palle conduttrici disposte in linea retta (§ 954), se noi facciamo comunicar queste col terreno, diventano tutte elettrizzate in meno, con diversa carica, secondo le diverse distanze dal globo. Se uno de' tubi di Beccaria collocato in vicinanza di un corpo elettrizzato in più (§ 955), si tocchi con un filo semiconduttore, si osserva, 1.° che tutti gli elettroscopii situati dalla banda più vicina al corpo attuante e che si trovano elettrizzati in meno, vanno gradatamente aumentando di divergenza, 2.° che gli altri indicanti elettricità positiva vanno gradatamente restringendosi, 3.° che il punto di separazione delle due opposte elettricità va successivamente allontanandosi dal corpo attuante, 4.° che alla fine tutto il tubo si riduce elettrizzato in meno, con intensità gradatamente decrescenti a proporzione che si va più lungi dal corpo attuante suddetto.

In tutti questi casi l' elettrico sovrabbondante che prima si trovava confinato nella parte posteriore del corpo attuato e che tendeva a sfuggire attraverso all' aria o lungo i sostegni, trovata libera la comuni-

cazione col terreno, sfugge via effettivamente; e non solo sfugge tutto questo elettrico sovrabbondante, ma eziandio una parte del fluido naturale, proveniente in varia proporzione da tutti i punti superficiali del corpo attuato, sì posteriori che anteriori. E allora, a rigore, il corpo attuato non consiste più nel solo corpo *AB* (fig. 35), ma concorre a farne parte eziandio l'intero globo terrestre; talchè si elettrizza in meno e tutto esso *AB*, e alcun poco anche il filo o quell'altro corpo qualsivoglia che stabilisce la comunicazione col terreno; e l'elettrico scacciato si diffonde e si perde nelle vastissime parti più lontane del globo terrestre suddetto.

Anche in questo caso le parti più prominenti e le più avanzate verso il corpo attuante sono le più fortemente elettrizzate in meno, quelle meno prominenti il sono più debolmente, più debolmente ancora le parti cave, e niente del tutto le interne. Come pure l'elettricità indotta è tanto più forte, ad altre circostanze pari, quanto più elettrizzato e più vicino è il corpo attuante.

973. *Osservazione.* Se il corpo attuato *A* (fig. 49) è posto in comunicazione col terreno mediante un conduttore arcuato *BDEF*, in che modo può l'elettrico sfuggire da *A* andando incontro all'azione respingente del corpo attuante *C*, come il fatto mostra aver luogo?

Il corpo *C* elettrizzato in più comincia a scacciare una porzione di fluido naturale dai punti vicini a *D* del conduttore *BDE*, parte respingendola nel terreno per la via *DEF*, e parte mandandola nel corpo *A* per la via *DB*. Ma di qui l'elettrico trova chiuso il passo a fuggir più oltre, laddove dalla banda di *DE* ha una via liberissima. Succede adunque una maggiore diminuzione del fluido naturale in *DEF* che non in *DBA*; e perciò il fluido naturale che ancor trovasi intorno a *D* viene attratto più fortemente dalla materia deficiente in *DEF* che non da quella in *DBA*; esso fluido adunque esistente intorno a *D* si muove verso *EF*, accorrendone in compenso dell'altro da *AB*. Ma questo elettrico accorso da *AB* in *DE* sente anch'esso l'azione

respingente del corpo *C* e viene anch'esso mandato al terreno, ed altro ne è surrogato dal sistema *ABD*; e questo movimento continua in sino a tanto che dal sistema *ABD* ne sia partita una tale quantità che l'elettrico ancora esistente intorno a *D* si trovi in equilibrio fra l'azione respingente di *C*, quella attraente di *ABC*, e quella similmente attraente di *DEF* (*).

974. *Considerazioni su diversi casi particolari.* Osserverò in primo luogo che in molti casi il corpo attuato non mostra vivace elettricità indotta che nella parte affacciata al corpo attuante, rimanendo nella parte posteriore sensibilmente allo stato naturale.

Uno di questi casi è quando il corpo attuato ha la forma di una lamina piana alquanto larga posta di fronte al corpo attuante. Si pigli l'apparecchio de' due piatti conjugati rappresentati dalla fig. 41, ed elettrizzato il piatto *Aa* in più, gli si ponga a fronte il piatto *Bb* col suo elettrometro collocato posteriormente, e quindi si tocchi questo piatto *Bb* colla mano. Si vedrà il detto suo elettrometro scendere sino a 0°.

Però qualche debole elettricità negativa si riscontra anche nella suddetta faccia posteriore della lamina attuata, quando si faccia uso di mezzi sufficientemente delicati. Io disposi verticalmente un cerchio *PQ* di cartone del diametro di due decimetri (fig. 50), pel cui centro passava perpendicolarmente un filo metallico *RS* portato da un sostegno conduttore *RT*, il qual filo alla estremità *S* teneva appesi due sottili fili di lino *Sa*, *Sb*. Avvicinai quindi al cerchio, dalla banda opposta a quella de' due menzionati fili, un disco conduttore *AB* del diametro di 24 centimetri e della grossezza di 24 millimetri, isolato ed elettrizzato in più a segno di poter dare una buona scintilla, e vidi i fili allontanarsi l'uno dall'altro, e tutti e due dal

(*) Cavendish, *Phil. Trans.* 1771, p. 611.

cerchio di cartone; ma tornavano essi ad accostarsi l'uno all'altro e al cartone, se intanto io poneva loro dinanzi un bastone *FG* di ceralacca strofinata.

Questa elettricità negativa poi è tanto più debole, a parità delle altre circostanze, quanto più la lamina è grande in paragone del corpo attuante e della di lui distanza. Io disposi orizzontalmente e in comunicazione col terreno una lamina circolare di ottone del diametro di due decimetri con appese inferiormente due pagliette estratte da un elettrometro (fig. 51); e appressatovi parallelamente per di sopra il suddetto disco isolato, elettrizzato similmente in più, le pagliette acquistarono una divergenza di circa dieci o dodici gradi della periferia divisa in 360°, e rimanevano esse divergenti anche toccando la lamina di ottone in qualunque modo colla mano. La divergenza si riduceva a soli tre o quattro gradi, se fra la detta lamina di ottone e il disco elettrizzato io frapponeva un cerchio di latta del diametro di 34 centimetri; e in vece cotale divergenza si otteneva maggiore di prima, rifacendo la sperienza con una lamina di ottone del diametro soltanto di un decimetro.

975. Ma quant'è la deficienza che si produce nella lamina qui contemplata, in conseguenza della comunicazione col terreno? Se questa lamina fosse stata dapprima isolata e senza elettricità propria, e in tale stato le si fosse presentato il corpo attuante, ella avrebbe manifestato a un elettrometro applicato posteriormente una vivace elettricità positiva. E tutta questa sovrabbondanza sarebbe scomparsa mediante la comunicazione col terreno, con qualche perdita anzi di più, dovendo di poi l'elettrometro mostrare una traccia di elettricità negativa. E nel supposto che nel corpo attuante non si fosse punto alterata frattanto la distribuzione dell'elettricità e l'azione sulla lamina, questa sottrazione avrebbe dovuto ripartirsi in tutta la superficie della lamina medesima nello stesso modo, come se questa lamina avesse sofferto tal perdita essendo realmente sovrabbondante di

quel che mostrava l'elettrometro, e fosse mancato il corpo attuante (§ 968); e perciò nel detto supposto la deficienza prodottasi avrebbe prossimamente uguagliato e a rigore superato alcun poco la detta apparente sovrabbondanza manifestata dall'elettrometro. Nel rendersi però deficiente la lamina, succede nel corpo attuante uno smovimento, col quale il suo fluido sovrabbondante si avvicina alcun poco alla lamina medesima, e l'azione attuante cresce, e cresce anche la deficienza prodotta in essa lamina. E questa è un'altra causa per cui la reale deficienza di cotale lamina fatta comunicare col terreno dee superare di qualche poco la precedente apparente sovrabbondanza. Una siffatta deficienza poi si può rendere sensibile all'elettrometro col lasciare nuovamente isolata la lamina, e coll'allontanare quindi il corpo attuante.

Col toccare la lamina di cui parliamo, supposta prima isolata e mancante di elettricità propria, e supposte perfettamente simili entrambe le sue facce, cresce l'elettricità indotta nella faccia rivolta al corpo attuante, prossimamente come 1 a 2. Giacchè avanti un tale toccamento la carica della faccia più lontana dal corpo attuante, e quella della faccia più vicina potevano indicarsi co' numeri + 1, e — 1; e nel toccamento la faccia più lontana perde qualche cosa più di 1, p. c. 1 $^{1}/_{100}$, e una simile perdita fa anche la più vicina, supposta invariata la disposizione dell'elettrico nel corpo attuante; perciò le cariche delle due faccie, nel supposto esempio numerico, divengono — $^{1}/_{100}$, — 2 $^{1}/_{100}$. Lo smovimento poi che si effettua nel corpo attuante, rendendo un po' maggiore la sua azione sulla lamina, dee accrescere ancora di qualche pochetto lo stato negativo della faccia più vicina (*).

976. Un altro caso in cui un conduttore non isolato mostra sensibilmente la elettricità indotta nella sola faccia rivolta al corpo attuante, egli è quando

(*) Sugli accidenti dell'elettricità delle lamine affacciate si occupò il prof. Cesare Gazzaniga in una *Memoria* inserita negli *Annali delle Scienze del Regno Lombardo Veneto*, anno 1833, p. 311.

le distanze de' varii punti di quest' ultimo dal conduttore attuato sono tutte assai minori delle dimensioni del conduttore attuato medesimo. Perocchè allora ciascun punto elettrizzato del corpo attuante produce nell'attuato una elettricità indotta, che è sensibile soltanto nelle parti più vicine al detto punto attuante, decrescendo rapidamente di intensità col crescere la distanza da questo punto, e riducendosi quasi nulla nella parte posteriore. E unendo insieme gli effetti di tutti i punti attuanti, si ha per la parte anteriore una somma di gran lunga maggiore che per la posteriore (fig 52).

977. Un terzo caso finalmente è quando il conduttore attuato ha la faccia posteriore assai vicina al terreno o a qualche altro assai ampio conduttore comunicante col terreno medesimo; stantechè in questo caso il terreno e il corpo attuato formano un sistema, ove le parti posteriori di esso corpo attuato possono riguardarsi come situate in una cavità, e però come sensibilmente esenti dall' azione attuante (fig. 53).

978. Coulomb fece diverse sperienze sopra la elettricità indotta in lunghi cilindri metallici aventi una delle estremità comunicante col terreno, e l' altra, terminata da un emisfero, collocata innanzi a un globo elettrizzato.

Da queste sperienze egli ricavò che in uno qualunque di tali cilindri la intensità della elettricità indotta partendo dalla estremità più vicina al globo elettrizzato, va decrescendo in ragione prossimamente de' quadrati reciproci delle distanze dal centro del globo. Però presso l' estremità anteriore del cilindro una siffatta degradazione è alquanto più rapida di quello che sarebbe dato da questa legge (*).

Presentando successivamente diversi cilindri più o

(*) *Mem. Acc. Par.* 1788, p. 687.

meno grossi ad un medesimo globo elettrizzato, tutti a una stessa distanza da quest'ultimo, le intensità dell'elettricità alle loro estremità più vicine al globo sono prossimamente in ragione inversa dei diametri (1).

Presentando un medesimo cilindro a diverse distanze da uno stesso globo elettrizzato, l'elettricità indotta è tanto più intensa quanto minori sono queste distanze, variando, alla estremità di esso cilindro, in una ragione alcun poco meno rapida dell'inversa della potenza $\frac{3}{2}$ delle distanze (2).

In una particolar prova egli collocò un globo elettrizzato del diametro di otto pollici a fronte di un cilindro metallico del diametro di 1 pollice e colle due estremità terminate da emisferi, delle quali estremità l'una rivolta al globo era a una distanza di pollici 2 $^1/_2$ da esso, e l'altra più lontana era posta in comunicazione col terreno (fig. 54). E supposta espressa da + 1 l'intensità media dell'elettricità del globo, le intensità nel cilindro furono (3):

alla estremità vicina al globo . . . . . — 4
a un pollice di distanza da questa estremità — 1,6

Partendo da questi dati e dalle leggi sovraesposte, Coulomb propose una formola per determinare l'intensità dell'elettricità indotta alla estremità di un conduttore molto elevato esposto all'azione delle nubi elettrizzate. Io però stimo che le dette leggi non sieno ancora note con tale precisione da potersene derivare delle formole.

979. Avendo il medesimo Coulomb presentato un piano circolare conduttore, non isolato, del diametro

(1) *Mem. Acc. Par.* 1788, p. 687.
(2) *Ibid.* p. 686.
(3) *Ibid.* p. 689

di 16 pollici, a un globo elettrizzato del diametro di 8 pollici, a una distanza di 4 pollici dalla superficie di quest'ultimo, ossia alla distanza di 8 pollici dal suo centro (fig. 55), trovò che al centro del piano l'intensità dell'elettricità indotta era precisamente la metà di quella del globo. Variando la distanza del globo elettrizzato, la suddetta intensità dell'elettricità nel centro del piano variava in ragione inversa de' quadrati delle distanze di esso centro dal centro del globo. E in fine, conformemente a quanto abbiam veduto al § 974, trovò che l'elettricità indotta è distribuita semplicemente nella faccia anteriore del piano, essendo la posteriore allo stato naturale (*).

980. Questo caso del piano circolare esaminato da Coulomb per mezzo della sperienza non è molto lontano da un altro che può essere studiato col calcolo. Si riferisce quest'altro caso a un globo non conduttore, elettrizzato uniformemente in tutta la sua superficie (il che a rigore non aveva luogo nelle sperienze di Coulomb, nelle quali facendosi uso di un globo conduttore, l'elettricità si accumulava alcun poco di più nella parte anteriore per l'azione del vicino piano contrariamente elettrizzato), il quale globo sia collocato in faccia al centro di una lamina piana conduttrice comunicante col terreno e di un diametro incomparabilmente maggiore della sua distanza dal centro di esso globo. Il quale caso si può far dipendere da quello già trattato al § 960 riguardo a un punto elettrizzato collocato in presenza di una sfera conduttrice, non occorrendo altro per passare dall'un caso all'altro, che concepire sostituito al punto un globo descritto con qualunque raggio intorno ad esso punto ed elettrizzato uniformemente con quella stessa quantità totale d'elettrico che si era supposta concentrata nel punto medesimo, e supporre infinito il raggio della sfera conduttrice attuata. Si trova adunque per questo caso del globo presentato alla lamina estesissima:

1.° Che la lamina si elettrizza in tutta la sua larghezza d'un'elettricità contraria a quella del globo;

(*) *Mem. Acc. Par.* 1788, p. 698 e seg.

2.° Che tutta questa elettricità indotta esiste nella superficie anteriore, essendo la faccia posteriore e l'intera grossezza della lamina allo stato naturale;

3.° Che variando la distanza dalla lamina al globo, la intensità dell' elettricità in quel punto della lamina che è più vicino al globo varia in ragione reciproca de' quadrati delle distanze dal centro del globo medesimo;

4.° Che essendo questa distanza da centro a centro uguale a due raggi del globo, la intensità suddetta è precisamente la metà di quella della elettricità contraria alla superficie di esso globo.

Questi risultamenti sono fin qui gli stessi di quelli trovati da Coulomb. Ma inoltre il calcolo trova pel presente caso:

5.° Che nella lamina, a proporzione che si va lontano dal punto perpendicolarmente sottoposto al centro del globo, l' intensità dell' elettricità indotta va successivamente decrescendo in ragione inversa de' cubi delle distanze da questo centro del globo; la qual legge è la medesima di quella secondo cui scemerebbe il grado d'illuminazione della superficie anteriore della lamina, allorquando, rimosso il globo, si riponesse nel suo centro un punto luminoso;

6.° Che la totale quantità dell'elettricità indotta in tutta la lamina, è uguale alla quantità dell' elettricità contraria distribuita nel globo attuante.

Tutte queste particolarità però per potersi verificare esattamente avrebbero bisogno che la lamina fosse estesa in infinito. Siccome cio è impossibile, così esse non si verificano che approssimatamente, e tanto più approssimatamente quanto più la lamina è estesa.

981. L'intensità dell'elettricità indotta in un corpo comunicante col terreno, dipende in parte anche dalla forma e dalla posizione del corpo che stabilisce questa comunicazione. Se in faccia a una palla *A* elettrizzata in più (fig. 56) noi ne mettiamo un'altra *B* conduttrice, e quindi tocchiamo quest' ultima mediante una curva lamina metallica *C* munita di manico conduttore, noi avrem molto più debole la elet-

tricità indotta della palla B toccando questa colla superficie concava della lamina, che non toccandola colla superficie convessa.

982. Quanto abbiam detto per riguardo a un corpo attuante elettrizzato in più, si può facilmente applicare anche al caso di uno elettrizzato in meno. In generale se un corpo conduttore comunicante col terreno viene esposto all' azione di un altro corpo che sia elettrizzato negativamente, rendesi il primo elettrizzato in più in tutti i punti della sua superficie, con una intensità che è massima nelle parti più vicine al corpo attuante e che si fa gradatamente minore nelle parti più e più lontane, e la quale nelle dette parti più vicine è maggiore che quando il corpo attuato vien presentato isolato colla sola dose naturale d' elettrico. E a pari forma e posizione rispettiva dei due corpi attuantisi, e a contrarie ed ugualmente intense elettricità in tutti i punti dell' attuante, si hanno anche in tutti i punti dell' attuato delle elettricità contrarie di uguali intensità.

Considerazioni diverse riguardanti in genere gli smovimenti finora esaminati.

983. *Delle cariche apparenti de' conduttori soggetti all' azione di vicini corpi elettrizzati.* Abbiamo precedentemente considerato da molti aspetti il fatto dello alterarsi lo stato elettrico d' un conduttore qualsivoglia per la presenza di un qualunque corpo elettrizzato che gli si avvicini; e in qualche luogo abbiamo particolarmente considerato le apparenze presentate da un elettrometro annesso al conduttore stesso nella parte più lontana dal corpo attuante (§ 953, 962, ec.), e in queste apparenze abbiamo fatto consistere la *carica apparente* di esso conduttore.

Vi è però un' altra maniera di considerare la carica

apparente in un conduttore attuato; ed è di far dipendere questa carica dalla tendenza che ha un tal conduttore a dare o a togliere elettrico a un corpo non isolato che gli si avvicini, e che si porti, se bisogni, sino al suo contatto; secondo la quale altra maniera il conduttore si reputa in *apparente stato naturale* quando non tende nè a dare nè a togliere elettrico, si reputa in *apparente eccesso* quando tende a darne, in *apparente difetto* quando tende a toglierne; e la *carica apparente* o positiva o negativa si desume dalla più o men grande quantità d'elettrico che il conduttore tende a dismettere o ad acquistare mediante la comunicazione con quel corpo non isolato.

E qui è da notare che quantunque un corpo isolato *AB* (fig. 57 e 58), non avente, p. e., nessuna elettricità propria ed esposto all'azione attuante di un altro corpo *C* elettrizzato in più, abbia la parte *A* più vicina a *C* elettrizzata in meno, e la *B* più lontana elettrizzata in più, tende nulladimeno esso *AB* a dare elettrico a un corpo *DE* non isolato, tanto avvicinando quest'ultimo alla parte *B*, quanto accostandolo alla *A*. Il qual fatto, chiamato da Beccaria assai meraviglioso, veniva da lui reso sensibile colla seguente sperienza (*). Avvicinava egli una canna di vetro strofinata a uno de' suoi tubi metallici muniti di elettroscopii; e osservava che se un'altra persona avvicinava un dito a uno de' luoghi di questo tubo ove gli elettroscopii divergevano per elettricità positiva, o al luogo dove essi non divergevano punto, o in fine a un de' luoghi ove divergevano per elettricità negativa, sempre vedevasi scoccare fra il dito e il tubo una scintilletta; e con questa, qualunque fosse il luogo a cui si accostava il dito, cresceva la divergenza negativa, progrediva questa a qualche elettroscopio più lontano, e nella parte più lontana cessava ogni divergenza (§ 796).

(*) *Elettricismo artificiale*, p. 206, § 484

Per vedere la ragione di questo fatto sono da considerare due cose: 1.ª che avvicinando il corpo *DE* alla parte *A* di *AB* (fig. 57), la parte *D* si elettrizza anch'essa fortemente in meno per induzione, ed anzi più fortemente che la parte *A*, stantechè *AB* è isolato e *DE* comunica col terreno: e perciò non è meraviglia che abbia da passare elettrico da *A* a *D*, portandosi esso da una parte che ha un'elettricità negativa men forte ad un'altra che ha un'elettricità similmente negativa e più forte; che anzi quando *D* è vicinissimo ad *A*, può per induzione cessare lo stato negativo ne' punti di *A* più vicini a *D* e sottentrare uno stato positivo. 2.ª Che quantunque il corpo *AB*, mentre è isolato sotto l'azione di *C*, abbia la parte *A* elettrizzata in meno, esso ha però nel totale più elettrico di quello che può conservare essendo messo in comunicazione col terreno; e di questo sovrappiù tende esso a disfarsi quando gli sia procurata cotale comunicazione.

Egli è però vero, a guardar sottilmente, che esso *AB* toccato da un corpo *DE* nella parte *B* più lontana da *C* (fig. 58) perde un po' più d'elettrico che toccato dallo stesso corpo *DE* nella parte *A* più vicina (fig. 57). Perocchè lo stato negativo finale a cui esso *AB* si riduce per induzione, è alquanto più forte quando lo stesso *AB* è affacciato tutto solo al corpo *C*, che non quando ha da un fianco un altro corpo *DE*; giacchè questo, elettrizzandosi anch'esso per induzione in meno, esercita sull'*AB* un'azione attuante contraria a quella esercitatavi da *C*. Ma la differenza è assai poca quando il corpo toccante sia sottile e formi una parte assai piccola del sistema attuato.

Introdotta nel pozzo *AB* di Beccaria isolato ed elettrizzato in più la palla conduttrice isolata *C* (fig. 59), e avvicinato a questa un grosso filo metallico *EFG* non isolato, salta fra la palla e questo filo una scintilla, la quale lascia la palla vivamente elettrizzata in meno. Eppure essa palla,

prima di calare il filo, stava in mezzo ad azioni attuanti pressochè uguali e contrarie e a vicenda distruggentisi, e incapaci perciò di spingere il di lei fluido naturale verso nessuna banda, e di scacciarne via una porzione; ed era infatti essa palla allo stato naturale in tutte le sue parti, stantechè supponendola congiunta col fondo del pozzo mediante un sottil conduttore metallico, veniva ella ad essere una parte quasi affatto interna d'un sistema elettrizzato, nè lo stato suo poteva sensibilmente alterarsi supponendo ritolto quel conduttore il quale non aveva neppur esso elettricità sensibile nè poteva esercitare che un'azione attuante affatto minima. Come adunque può saltare quella scintilla?

Egli è da osservare che il filo metallico che noi introduciamo nel pozzo si elettrizza per induzione fortemente in meno. Perciocchè l'elettricità di esso pozzo opera con azioni cospiranti sulla parte esterna *FG* del filo, e scaccia nel terreno una notabile quantità del suo fluido naturale, al quale ne vien surrogato altro dalla parte interna *EF* del filo stesso, continuando cotal movimento sino a che la materia deficiente di *EF* arrivi a ritenere il fluido di *FG* colla stessa forza colla quale questo fluido viene scacciato dall'elettrico eccedente del pozzo. E così dopo introdotto il filo si trovano a fronte un corpo elettrizzato vivamente in meno ed uno allo stato naturale, fra i quali è ben ovvio che debba saltare una scintilla. E con questa il sistema *CEFG* si riduce allo stato in cui trovavasi poc'anzi il semplice filo, cioè allo stato di un corpo unico non isolato, del quale la parte più interna, ossia la palla, dev'essere vivamente elettrizzata in meno.

E tutte queste cose può il lettore applicarle con facilità al caso che il corpo attuante sia elettrizzato in meno.

984. In questo secondo modo di vedere, lo stato *naturale apparente* si ha nel corpo attuato quando questo o è attualmente in comunicazione col suolo mentre noi stiamo per toccarlo con un altro corpo non isolato, ovvero è stato toccato da assai poco tempo con quel medesimo corpo non isolato che noi gli av-

viciniamo, mediante un toccamento simile, per rispetto alla disposizione de' due corpi, a quello che si vuol replicare; giacchè esso corpo attuato ha allora quella precisa quantità d'elettrico che è voluta dalla presenza del corpo che sta per toccarlo; e non tende perciò nè a dare nè a togliere a quest'ultimo veruna quantità d'elettrico. Lo stato di *apparente eccesso*, e quello di *apparente difetto* si hanno quando esso corpo attuato, essendo isolato, ha una quantità d'elettrico più grande o più piccola di quella che corrisponde alla detta comunicazione col suolo.

Osservo che lo *stato apparente* o naturale o di eccesso o di difetto, considerato a questa seconda maniera, ha qualche leggierissima differenza da quello desunto dalle indicazioni degli elettrometri collocati nella parte posteriore del corpo. Nel caso, p. e., che il corpo attuante sia elettrizzato per eccesso, e l'attuato si trovi in comunicazione col terreno (fig. 50), mostra quest'ultimo corpo in un elettrometro collocato posteriormente una traccia di elettricità negativa, e ad onta di ciò non tende nè a dare elettrico al terreno nè a toglierglien. E se isoliamo cotale corpo attuato e gli diamo un'elettricità qualunque, quando questa sia positiva i segni elettrometrici saranno leggierissimamente più deboli di que' che corrispondono alla carica comunicatagli; e quando sia negativa, cotali segni saranno un tantino più forti.

Queste differenze però, quantunque sia ottimo il saperne l'esistenza, nella più parte de' casi sono piccolezze che si possono trascurare senza inconveniente, tanto più che non possiamo ancora garantirci da altre inesattezze talvolta maggiori: di maniera che nelle ricerche più ordinarie i due modi di considerare la carica apparente si possono ritenere come equivalenti.

Egli è poi necessariissimo l'avvertire che quando un corpo è soggetto ad un'azione attuante atta a fargli mostrare una carica apparente o positiva o negativa, non si

si debbono aspettar da esso tutti i fenomeni d'un corpo realmente elettrizzato in più o in meno; ma solo questi due, cioè 1.° *di muovere gli elettrometri collocati dalla banda più lontana dal corpo attuante,* ben inteso che l'elettrometro non si trovi in una profonda cavità entro l'attuato, come si spiega a p. 171; 2.° *di dare o togliere elettrico ai corpi non isolati;* che sono appunto i fenomeni sui quali si è stabilita la detta denominazione delle cariche apparenti. Per un esempio, s'ingannerebbe d'assai chi credesse che l'eccesso apparente d'un corpo attuato non avente elettricità propria aumenti i segni del corpo attuante; perocchè cotali segni ne vengono anzi diminuiti alcun poco, come vedremo nel Capo IV. E viceversa se noi avvicinassimo un dito a un filo conduttore non isolato, collocato in faccia a un corpo elettrizzato, p. e. in meno, esso filo verrebbe respinto dal dito, quantunque secondo le convenzioni poste fossero ambedue in apparente stato naturale (*); sarebbe respinto, perchè in realtà sì esso filo che il dito sarebbero elettrizzati in più. In questi casi convien considerare lo stato reale dei corpi, il quale nè in questi nè in altri casi non conduce mai a conclusioni erronee.

985. *Nozione delle atmosfere elettriche.* Segue da tutto quanto si è detto finora in questo Capitolo, che ogni corpo elettrizzato in più ha tutto all'intorno di sè uno spazio o sfera d'azione, ove trovandosi de' conduttori non aventi elettricità propria, manifestano questi, per riguardo ai due fenomeni precedentemente citati, un'apparente elettricità positiva, e una parte del loro fluido naturale viene scacciato lontano e spinto nel terreno se ne ha libera la via, o soltanto mandato nelle parti posteriori se questi conduttori sono isolati. E questa sfera d'azione segue il corpo elettrizzato in

(*) Questo fatto venne primamente osservato da Ottone de Guerike; Priestley, *Histoire* ec. I, 16.

tutti i suoi movimenti, in tutti i luoghi ove esso si porta, essendo come un suo inseparabile accompagnamento. E se esso corpo elettrizzato viene recato in luogo ove vi sieno de' corpi conduttori già elettrizzati o per elettricità comunicata o per attuazione o in entrambi i modi, non lascia di esercitare anche su questi la sua azione, anzi vi produce, rispetto alla disposizione dell'elettrico e allo stato apparente, que' medesimi cangiamenti che egli cagionerebbe quando essi conduttori fossero affatto esenti da altra elettricità e da altre azioni (§ 968). Ed è quest'azione, a guisa della luce e della gravitazione, tanto più intensa quanto più grande è la vicinanza al corpo agente, come anche quanto più grande è in questo la sovrabbondanza d'elettrico; e quanto maggiore è questa sovrabbondanza, essa azione si manifesta a una distanza tanto maggiore. Al di là poi d'una certa distanza cessa d'essere sensibile ai nostri comuni mezzi, sussistendo però ancora, per mezzi sufficientemente più delicati, sino a distanza indefinita. Ora dai fisici si suol chiamare *atmosfera elettrica* del corpo questa sfera d'attività sensibile della sua elettricità positiva (1), vale a dire questo spazio tutto all'intorno di lui nel quale sono sensibili gli effetti della detta ripulsione, o ciò che è lo stesso, gli effetti della sovrabbondanza d'elettrico di esso corpo; ed anche talvolta si chiama con tal nome l'azione stessa in tale spazio esercitata. È però necessario, nell'usare un tale vocabolo, di non applicarvi l'idea di una vera diffusione della sostanza del fluido elettrico all'intorno del corpo; il quale abbaglio venne pur commesso da qualche celebre fisico ne' primordii della scienza (2).

Qualsivoglia corpo elettrizzato in meno ha similmente all'intorno di sè uno spazio, nel quale por-

(1) Epino, *Tentamen*, ec. p. 257. Volta, *Collezione delle opere*, t. I, parte I, p. 177. T. I, parte II, p. 291 e 292, ec. ec.
(2) Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 123 e 339. T. II, p. 26.

tando un qualunque corpo conduttore non elettrizzato, viene questo a mostrare, secondo le fatte convenzioni, un apparente difetto, e le particelle del suo fluido naturale sentono un'attrazione verso il detto corpo elettrizzato; la quale attrazione si mostra assai energica da vicino, ma va gradatamente scemando colle distanze fino a rendersi ai nostri mezzi insensibile, ed è tanto più forte quanto più grande è nel corpo realmente elettrizzato la deficienza d'elettrico. E questa azione esso corpo elettrizzato la porta seco dappertutto; e recato anche in un luogo ove si trovino altri corpi già elettrizzati o per comunicazione o per attuazione, non lascia di produrvi col suo sopravvenire que' medesimi cangiamenti che verrebbero prodotti dalla sua sola e libera azione. E si suole similmente dai fisici appellare *atmosfera elettrica* di un tal corpo lo spazio ove è sensibile una tale azione; ed anche talvolta così si chiama l'azione stessa.

Io tralascerò di esporre le ingegnose idee di Canton e di Beccaria intorno a queste atmosfere elettriche, ossia intorno al modo con cui i corpi elettrizzati esercitano le suddette attrazioni e ripulsioni sul fluido elettrico de' corpi circostanti (*). Io non negherò la possibilità di siffatte idee, e loderò l'ingegno di que' valenti fisici che le hanno immaginate, nè disapproverò minimamente quelli che ne fanno uso nella spiegazione de' fenomeni; ma dirò che a mio giudizio noi possiamo risparmiarci di voler penetrare in questi arcani della scienza, parendomi che per dar ragione de' fenomeni basta ritenere l'esistenza e conoscere le leggi di queste azioni; a quel modo che i fisici si accontentano presentemente di conoscere gli effetti e le leggi della gravitazione senza più occuparsi della sua intima essenza.

(*) V. Priestley, *Histoire ec.* T. II, p. 45. Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 180 e seg.

Dell' elettricità indotta nelle interne superficie degli inviluppi conduttori contenenti corpi elettrizzati.

986. Se un corpo elettrizzato si trova abbracciato tutto all' intorno, standone però affatto isolato, da un inviluppo conduttore interamente chiuso e comunicante col terreno, si stabilisce nella superficie interna di cotale inviluppo una elettricità contraria a quella del detto corpo racchiuso; la quale elettricità si dispone unicamente in questa superficie interna, con maggiore intensità, ad altre circostanze pari, nelle parti più sporgenti verso il corpo racchiuso medesimo e con minore intensità nelle parti meno sporgenti, e lasciando allo stato naturale tutta la grossezza dell' inviluppo stesso e tutta la superficie esterna. Il quale effetto, quando il corpo rinchiuso è elettrizzato in più, nasce da una ripulsione che il fluido sovrabbondante in quest' ultimo esercita sul fluido naturale dell' inviluppo, scacciandone una parte da essa superficie e mandandola sino al terreno; e quando il corpo rinchiuso è elettrizzato in meno, nasce da un' attrazione della materia deficiente di questo, la quale materia attrae verso di sè del fluido naturale dai corpi circostanti, e il fa accorrere all' interna superficie dell' inviluppo medesimo.

Questa elettricità dell' inviluppo, la quale pure possiamo appellare *elettricità indotta*, dissimula compiutamente ai corpi esteriori la elettricità del corpo rinchiuso; di maniera che questo e l' inviluppo formano un sistema il quale verso i corpi esteriori si comporta precisamente come se fosse allo stato naturale in tutte le sue parti. Si può far prova di ciò colla coppa emisferica della fig. 17. Introducendovi elettrizzata ed isolata la palla, chiudendo essa coppa, e facendo comu-

nicar questa col terreno, si comporterà l'apparecchio, come se fosse allo stato naturale; tolta la comunicazione col terreno, e levato il coperchio ed estratta la palla, si troveranno la coppa e il coperchio elettrizzati contrariamente alla palla medesima.

Questa contraria elettricità dell' inviluppo io trovo che debb' essere esattamente capace di compensare e distruggere la elettricità del corpo rinchiuso, in guisa da ridursi l' un l' altro allo stato naturale ove vengano fatti comunicare insieme. Il che si può verificare coll' apparecchio precedente, nel quale in luogo di alzare il coperchio si lasci discendere la palla fino a toccare la coppa allora isolata; alzando poscia il coperchio e la palla, si dee trovar tutto allo stato naturale.

Io trovo altresì che se si determinasse il centro di massa ossia di *gravità* dello strato elettrico di cui si trova privo o l' inviluppo o il corpo racchiuso, come pure il centro di massa del fluido che viceversa sovrabbonda nel corpo racchiuso o nell' inviluppo, si troverebbe che questi due centri coincidono in un medesimo punto.

987. Se oltre alla elettricità indotta di cui si è or ora parlato, venga comunicata all' inviluppo, dopo isolato dal terreno, un' altra elettricità o simile o contraria, questa si distribuisce alla superficie esterna con quella stessa legge, come se nell' interno non vi fosse nè il corpo elettrizzato racchiuso nè la contraria elettricità indotta, ma si avesse sotto a quella superficie un corpo pieno, tutto allo stato naturale; di maniera che se si facesse quindi comunicare il corpo rinchiuso coll' interna superficie dell' inviluppo, si ridurrebbero questo corpo e questa superficie allo stato naturale, senza cagionare mutamento alcuno nella superficie esteriore.

E se l' inviluppo, essendo isolato e contenendo il corpo elettrizzato, avesse tutta la sua natural dose di

elettrico, nella superficie interna egli si troverebbe elettrizzato di elettricità indotta precisamente allo stesso modo come se si trovasse in comunicazione col terreno, e alla superficie esterna presenterebbe un' elettricità attuata uguale in quantità e simile di natura a quella del corpo racchiuso, disposta allo stesso modo come se questa superficie esterna fosse la superficie di un corpo pieno, avente prima lo stato naturale, e arricchito di poi ovvero privato di quella quantità d' elettrico (*).

988. *Considerazioni matematiche.* Le particolarità annunciate nel § 986 si possono dimostrare in un modo analogo a quello indicato ne' § 914 e 959. Può vedersi questa dimostrazione nella medesima seconda parte della Memoria ivi citata; e in succinto ecco come ella procede.

I. Si supponga che dentro la superficie chiusa S (fig. 60) si contenga una determinata quantità di una materia repulsiva distribuita comunque nello spazio P, e operante in ragione reciproca de' quadrati delle distanze. Si concepisca descritta esteriormente alla S un'altra superficie S' vicinissima in tutti i suoi punti alla S medesima. E si immagini diviso lo spazio P in un grandissimo numero di parti di dimensioni piccolissime, e la porzioncella di materia appartenente a ciascuna di queste parti si concepisca prima concentrata nel rispettivo centro di massa, e poscia diffusa e distribuita uniformemente in una superficie sferica descritta intorno a questo centro e toccante la superficie S; con che una porzione di cotale materia repulsiva passerà nell' intervallo SS'. Sull' altra porzione che rimane contenuta dentro la S si immagini ripetuta la medesima operazione. In breve si immaginino eseguite su questa materia repulsiva le trasformazioni descritte ne' suddetti § 914 e 959, insino a che dentro alla S non rimanga più di essa materia che una quantità estremamente piccola. Siccome in ciascuna

(*) Riguardo alle azioni attuanti esercitate dai corpi rinchiusi era già stato esaminato un caso da Enrico Cavendish, cioè il caso di una sfera elettrizzata contenuta in un inviluppo sferico concentrico. *Phil. Trans.* 1771, p. 593.

di cotali trasformazioni non si cangia punto l'azione esercitata verso i punti esterni, così noi possiamo concludere, usando di ragionamenti simili a quelli già più volte tenuti, che la detta materia repulsiva si può condensare e distribuire nella superficie S in una maniera tale da esercitare ancora la medesima azione di prima verso i punti collocati all'esterno di questa superficie (*).

II. Supponiamo che esternamente alla S si trovi disposto secondo una qualsivoglia legge di densità una quantità indefinita di una materia repulsiva simile a quella contenuta in M. Io dimostro nella citata Memoria che all'intorno di S si può sempre determinare una tale superficie chiusa S' da comprendere fra essa e la S uno strato di materia repulsiva uguale nella quantità alla materia repulsiva contenuta in P, ed equivalente a quest' ultima per riguardo alle azioni esercitate al di fuori di S'.

Prima di passare innanzi osservo che i varii movimenti supposti nella materia repulsiva distribuita in P nella prima delle precedenti Proposizioni, non cangiano per nulla il luogo del centro di massa di questa materia; di maniera che dopo essersi questa distribuita e condensata nella superficie S, il suo centro di massa è ancora nello stesso luogo di prima. E per rispetto alla seconda Proposizione si può dimostrare che lo strato di materia determinato intorno alla superficie S ha esso pure il centro di massa coincidente con quello della materia repulsiva distribuita in P.

III. Sia ora P un corpo elettrizzato in più, dove l'elettrico abbia una distribuzione qualunque; e intorno ad esso

(*) In questa Proposizione io sono stato prevenuto dal chiarissimo matematico Gauss, il quale nella sua Memoria sulla *Misura assoluta dell' intensità del magnetismo terrestre*, accenna un Teorema generale da lui trovato e che promette di pubblicare in altro tempo, nel quale Teorema si dimostra che in luogo del magnetismo reale distribuito in qualunque modo nelle diverse parti di un corpo, si può sempre sostituire un magnetismo ipotetico puramente superficiale e perfettamente equivalente al reale nell'azione sui corpi esterni (*Annales de Chim. et de Phys.* T. 57, p. 16). È da notare che anche le azioni magnetiche operano in ragione inversa de' quadrati delle distanze.

corpo si trovi un inviluppo conduttore, la cui interna superficie S sia di una forma qualunque. Se noi determineremo in questo inviluppo uno strato contiguo ad S, tale che il suo fluido naturale sia uguale nella quantità ed equivalente nelle azioni all'esterno al fluido sovrabbondante in M, e quindi immagineremo levato il fluido naturale di un tale strato, verranno con ciò le molecole d'elettrico esteriori allo strato deficiente, per quello che dipende dalla materia di questo e del fluido sovrabbondante di P, a trovarsi perfettamente in equilibrio. Perciò la distribuzione di equilibrio nell'inviluppo suddetto, supposto comunicante col suolo, sarà quella di avere contiguo alla interna superficie l'anzidetto strato deficiente, essendo esso inviluppo nelle rimanenti parti tutto allo stato naturale.

Sia invece M un corpo elettrizzato in meno; e si supponga distribuito intorno alla superficie S, e serrato contro essa più che sia possibile, uno strato di fluido sovrabbondante eguale in quantità al fluido che manca in M ed equivalente a questo nelle azioni esterne, rimanendo tutto il resto dell'inviluppo allo stato naturale. Anche questa sarà una distribuzione con cui tutte le molecole d'elettrico esteriori si troveranno equilibrate, e sarà essa perciò la distribuzione che avrà luogo nell'inviluppo quando sia messo in comunicazione col terreno.

Per l'osservazione poi fatta in fine della Prop. II, noi abbiamo che il centro di massa dello strato d'elettrico che manca o che sovrabbonda sulla superficie S coincide col centro di massa che viceversa sovrabbonda o manca nel corpo elettrizzato M, come avevamo appunto asserito nel § 986.

989. Un risultamento molto elegante dato dal calcolo è quello che ha luogo in un inviluppo conduttore non isolato, il quale sia limitato internamente da una superficie sferica e contenga al di dentro un punto elettrizzato in più o in meno. Vien determinata in cotale superficie sferica un'elettricità contraria, la cui intensità è in ragione reciproca *de' cubi delle distanze* dal punto attuante.

Smovimenti dell' elettrico prodotti ne' corpi poco conduttori.

990. Gli smovimenti de' quali finora si è parlato, compionsi in un istante se i corpi sottoposti all'azione attuante sono buoni conduttori; ma se essi sono cattivi conduttori e più ancora se sono isolanti, cotali smovimenti si eseguiscono lentamente e spesse volte anche imperfettamente; talchè sovente si ha una disposizione finale in cui le parti del fluido elettrico non si trovano nello stato di equilibrio, ma sono in una continua tendenza al moto, e sono soltanto trattenute a' loro luoghi dalla resistenza opposta loro dalla facoltà coibente de' corpi suddetti.

Allorquando la facoltà coibente non permette che piccoli smovimenti, se vengono presentati al corpo attuante più corpicelli, questi mostrano una vicendevole ripulsione debolissima. Canton avendo sospese due pallette di sughero a due vicini fili di seta, ed avendo messo loro dinanzi un corpo elettrizzato, vide che non si respingevano sensibilmente, mentre a quella medesima distanza mostravano una divergenza assai sensibile due simili pallette appese a fili di lino (*). Nel primo caso ciascuna delle pallette conservava la propria dose naturale d'elettrico quantunque leggermente spostata; e perciò avveniva che la parte positiva dell'una palletta *A* sentiva bensì ripulsione dalla parte positiva dell'altra palletta *B*, ma sentiva eziandio attrazione verso la parte negativa di quest'ultima; e similmente la parte negativa della *A* sentiva bensì ripulsione dalla parte pure negativa di *B*, ma eziandio attrazione dalla sua parte positiva; e così l'azione totale fra le due pallette riusciva assai piccola. Le due pallette in vece che sta-

(*) Priestley, *Histoire* ec., t. II, p. 19.

vano appese ai fili di lino avevano elettricità omologhe e assai più forti in tutta l'estensione delle loro superficie, e perciò tutte le parti elettrizzate dell'una respingevano tutte quelle dell'altra, con azione assai vigorosa.

Volendo nella prima delle due sperienze un effetto ancor minore, converrebbe prendere due pallette di gomma lacca, e appenderle pur esse a fili di seta che fossero ben asciutti.

991. Trovandosi delle parti conduttrici in mezzo ad una massa di materia isolante esposta all'azione di un corpo elettrizzato, succede in queste parti uno smovimento ancorchè sieno collocate internamente. Non potendo infatti smoversi l'elettrico alla superficie della massa isolante nel modo stesso come quando ella fosse conduttrice, l'azione attuante si fa sentire anche alle interne parti conduttrici o in totalità o almeno in parte secondo che la massa suddetta o non permette affatto o permette solo in parte lo smovimento del proprio elettrico. Così se in mezzo ad una massa di cera lacca si trovano due palle metalliche comunicanti fra loro, l'una più vicina e l'altra più lontana dal corpo elettrizzato, questo determina nella più vicina un'elettricità contraria alla sua e nella più lontana un'elettricità omologa. E se si avesse un ammasso di palle metalliche involte nella cera lacca e tutte isolate fra loro, la vicinanza di un corpo elettrizzato determinerebbe uno smovimento d'elettrico in tutte, cioè un'elettricità contraria in quelle lor parti che sono rivolte al corpo suddetto e una omologa nelle parti opposte.

Pare che le molecole de' corpi coibenti si trovino nel caso di queste palle conduttrici isolate; perocchè molti fatti, come vedremo nel Capo IV, inducono a credere che il fluido elettrico appartenente a ciascuna di queste molecole abbia qualche facoltà di muoversi dal proprio luogo, senza abbandonare esse molecole.

992. Possiamo riferire a queste dottrine la seguente osservazione di Miles (*). Avendo egli posto delle fogliette di rame in un fiasco, e avendo chiuso questo ermeticamente, osservò che coll'avvicinare e coll'agitare velocemente al di fuori di esso un tubo di vetro elettrizzato, cotali fogliettine si movevano; ma esse non si mettevano in moto col muovere il tubo lentamente. Senza dubbio una veloce agitazione non permetteva che alle superficie esterna e interna del fiasco si effettuassero gli spostamenti sollecitati dall'azione del tubo; e perciò quest'azione non veniva occultata alle dette fogliettine, ma rimaneva atta ad operare su di esse energicamente, elettrizzandone altre in più e altre in meno, e facendo che per le attrazioni e ripulsioni fra esse e col tubo alcune venissero spinte per un verso e altre per un altro. Una lenta agitazione in vece permetteva che nelle suddette superficie del fiasco si compiessero gli indicati smovimenti, coll'ajuto del velo umido che ordinariamente vi aderisce; e con ciò veniva occultata e resa inefficace l'azione del tubo elettrizzato verso le fogliettine metalliche suddette.

Applicazione delle dottrine precedenti a varie sperienze e alla spiegazione di diversi fenomeni naturali.

993. *Applicazione ad alcune maniere di usare gli elettrometri a pagliette.*

Per dare a uno di questi stromenti un po' di elettricità positiva un modo comodissimo è quello di avvicinargli per di sopra un bastoncino strofinato di cera lacca, in tanto che con un dito si tiene il cappello in comunicazione col terreno. Mentre vi si tiene il dito, non mostrano le pagliette segno sensibile; ma

(*) Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 223.

divergono sensibilmente per elettricità positiva quando si allontani prima il dito e poi la cera lacca. Infatti standovi presso la cera lacca e a contatto il dito, il cappello dello strumento diviene vivamente elettrizzato in più per induzione, ma le pagliette soltanto a un grado leggerissimo, siccome più lontane dal corpo attuante e collocate alquanto internamente in un sistema di corpi comunicanti, quali sono il cappello dello strumento, il fondo metallico del medesimo e la mano. Allontanato poi il dito e quindi la cera lacca, l'elettrico che era sovrabbondante nel cappello discende anche nelle pagliette. Non converrebbe allontanare prima la cera lacca, perchè l'elettricità adunatasi per induzione nel cappello, tornerebbe a sfuggir nel terreno passando pel dito.

Se con questo o con qualche altro metodo noi diamo a uno di siffatti elettrometri un po' d'elettricità positiva, talchè le pagliette divergano di cinque o sei gradi, e quindi gli avviciniamo per di sopra un corpo elettrizzato in più, le pagliette divergeranno maggiormente; s'avvicineranno in vece quando s'accosti sopra allo strumento un corpo elettrizzato in meno. De' quali effetti il primo nasce dal venire spinta all'ingiù, dal cappello dello strumento alle pagliette, una certa quantità di elettrico per l'azione respingente o attuante del corpo avvicinato, in forza di che le pagliette vengono a trovarsi più elettrizzate di prima; e il secondo in vece deriva dal venire chiamata all'insù, dall'azione attraente del corpo avvicinato, una porzione di fluido elettrico, la quale abbandonando le pagliette le lascia meno elettrizzate: ed è chiaro che questo secondo effetto, quando sia assai forte l'elettricità negativa del corpo che si accosta e sia questo sufficientemente avvicinato, può giungere al segno che le pagliette perdano ogni divergenza positiva e ne acquistino anzi una negativa.

Se in vece l'elettrometro si prepara elettrizzato in

meno (il che si può ottenere strisciando sul suo cappello un bastone strofinato di cera lacca), l'accostamento di un corpo elettrizzato in più fa avvicinare le pagliette, e le fa allontanare maggiormente l'avvicinamento di uno che sia anch'esso elettrizzato in meno. Nè occorre spiegazione dopo il già detto.

Egli è però da avvertire, a simiglianza di quanto avevamo già detto al § 963, che quando il corpo avvicinato sia conduttore ed abbia un'elettricità omologa a quella dell'elettrometro ma debolissima a confronto di quest'ultima, può avvenire che l'accostamento non faccia allontanar maggiormente le pagliette ma anzi le ravvicini; e ciò perchè il corpo avvicinato può soffrire dall'elettrometro un'azione attuante che ne rovesci lo stato elettrico nella parte più vicina, tanto che nell'operare esso a vicenda sull'elettrometro si comporti come elettrizzato contrariamente. Sempre poi le pagliette si avvicinano, se il corpo accostato è un conduttore non elettrizzato. Da ciò si ricava che il ravvicinamento delle pagliette non è sempre un sicuro criterio della specie dell'elettricità; bensì l'allontanamento, indicando questo sempre che il corpo accostato ha un'elettricità omologa con quella dello strumento.

994. *Elettrizzazione dell'acqua per induzione.* Se si lascia uscire una serie di goccioline d'acqua da un sottil foro aperto nel fondo acuto di un vaso conico non isolato e volto colla punta all'ingiù (fig. 61), trovandosi in vicinanza a questa punta un corpo elettrizzato, si osserva che queste goccioline cadono a terra tutte quante elettrizzate, con elettricità contraria a quella del corpo vicino. E se il recipiente che le raccoglie è isolato, si può dare a questo con un siffatto mezzo una carica molto maggiore di quella del corpo elettrizzato adoperatosi. Ciò avviene perchè tutte le gocce allorchè stanno pendenti dal vaso e in procinto di cadere si elettrizzano per induzione contrariamente al corpo vicino, e allo staccarsi portano seco una tale loro elettricità.

Si otterrebbe un effetto somigliante con qualsivoglia altro getto, il quale si dividesse in gocce sotto l'influenza di un vicino corpo elettrizzato, partendo da un recipiente non isolato. Ed io ho opinione che allo stesso principio sia da riferirsi anche il fenomeno seguente.

995. *Elettricità delle cascate d'acqua.* È stato osservato primieramente da Tralles, e quindi verificato in molte località da Volta, che l'acqua di una cascata naturale cade al suolo elettrizzata negativamente (*). Stimano diversi valentissimi fisici e fra questi il Volta medesimo, che ciò dipenda dall'evaporazione, per ragioni che vedremo più innanzi. Ma io credo piuttosto che questo sia un effetto di induzione cagionato dall'elettricità atmosferica, generalmente positiva in tempo di ciel sereno; la quale elettricità determini uno stato negativo in ciascuna delle gocce acquee, allorchè stanno per istaccarsi dalla massa con cui erano precedentemente unite.

E questa mia opinione si trova confermata da alcune prove da me fatte a quest'uopo sui getti artificiali, in compagnia dell'astronomo Paolo Frisiani. Avendo fatta recare sul più elevato terrazzo della Specola di Brera una fontana di compressione, si mandò all'alto un getto d'acqua tenuto raccolto fino a qualche altezza da un tubo d'ottone che lo accompagnava per parecchi pollici; e quest'acqua venendo, mentre ricadeva, raccolta in un opportuno recipiente, diede visibilissimi segni di elettricità negativa: l'atmosfera intanto esplorata *coll' elettrometro a fiamma munito di condensatore* (di che si parlerà a suo tempo) diede segni di elettricità positiva. Recaronsi poscia questi strumenti in uno de' cortili del medesimo palazzo di Brera, nel qual cortile l'elettrometro a fiamma non dava alcun segno, non arrivando fin là l'azione attuante dell'atmosfera, ma l'evaporazione poteva aver luogo egualmente come all'alto, specialmente in una di queste sperienze in cui l'aria era alquanto agitata e quindi asciutta presso a poco allo stesso grado come sul terrazzo: ma fatta qui pure la sperienza

(*) Volta, *Collezione delle opere*, t. I, parte II, p. 239;

colla fontana di compressione, non si ebbe il minimo indizio di elettricità nè in più nè in meno. Ciò mostra che l'elettricità avutasi sul terrazzo dalle gocce ricadenti del getto non era una conseguenza della loro evaporazione, ma nasceva dal rendersi e mantenersi elettrizzata negativamente la sommità della colonna acquea sagliente non ancora divisa in gocce, per l'azione dell'elettricità positiva della sovrapposta atmosfera, e dallo staccarsi le gocce da questa sommità e ricadere le une dopo le altre con siffatta elettricità negativa.

A raccogliere l'acqua ricadente e a separarne l'elettricità io faceva uso dello strumento rappresentato dalla fig. 62. *ACHIDB* è un vaso di latta fatto superiormente a tronco di cono e inferiormente a cilindro, aperto da ambedue le parti, ma separato nell'unione della parte conica colla cilindrica da un diaframma *CD* fornito di molti piccoli coni colla punta forata e volta in giù, dai quali l'acqua può uscire a goccia a goccia; *DE* è un manico isolante, ed *FG* è un mezzo cilindro di latta che ripara questo manico dalle gocce cadenti. Vengono le gocce ricevute in questo vaso elettrizzate; ma escono dai fori de' piccoli coni sensibilmente allo stato naturale, lasciando tutta la loro elettricità in esso vaso, stantechè nell'atto che si staccano dal vaso medesimo si trovano nell'interno di un sistema elettrizzato, come avviene della secchietta nel pozzo di Beccaria. Io chiamerei questo strumento lo *Staccio elettrico*; e stimo che impiegato a raccogliere l'elettricità dei getti saglienti delle fontane artificiali e a mandarla a qualche elettrometro, potrebbe utilmente servire a far conoscere in un nuovo modo l'elettricità atmosferica.

A rendere indubitabili le sopraddette mie idee converrebbe esaminare cotale elettricità delle cascate d'acqua durante un temporale, e osservare se nei momenti in cui l'atmosfera si mostra elettrizzata in meno, esse presentino elettricità positiva (*).

996. *Del Contraccolpo elettrico.* Trovandosi a noi so-

(*) Queste mie idee si trovano esposte con qualche maggiore sviluppo nel tomo 83.° della *Biblioteca Italiana*, nel fascicolo del luglio 1836.

vrapposta una nube fortemente elettrizzata in più, come sovente avviene ne' temporali, la estrema superficie del suolo si trova tutta elettrizzata negativamente, dove più e dove meno intensamente (§ 969); in questo stato trovansi le superficie de' terreni piani, quelle delle montagne, le parti superiori degli alberi, i tetti della case, ec. Ora se avviene che la nube si scarichi della suddetta sua elettricità mandandola a qualche luogo lontano, sia ad un' altra nube, sia al terreno, tornano le dette superficie a ripigliare il fluido mancante; il quale comincia ad essere temporaneamente somministrato dalle parti del suolo immediatamente sottoposte ad esse superficie, e poscia vien restituito a queste parti sottoposte da quella porzione della superficie del globo nella quale o al di sopra della quale è venuto a terminare il fluido scaricatosi dalla nube; e tutto ciò con grandissima celerità, se istantanea è quella scarica, come avviene ne' fulmini. E in cotale risalire dell' elettrico alle dette superficie elettrizzate in meno, esso sceglie i migliori conduttori, i quali, se sono corpi animali, possono riceverne delle vive impressioni e talvolta anche funeste, come allorquando passasse pel corpo di una persona tutta l'elettricità di cui trovavasi deficiente un esteso fabbricato. Questo retrocedimento o riflusso dell' elettricità si chiama dai Francesi *Choc en retour*, e da noi *Contraccolpo elettrico* (*). Se la nube è elettrizzata in meno, le superficie de' detti luoghi si elettrizzano in più; e questa elettricità indotta refluisce nel terreno quando la nube torna a riacquistare il suo fluido naturale; e da un tale reflusso si possono avere degli effetti simili a quelli poc' anzi accennati.

(*) Zamboni, *L' Elettromotore perpetuo*, parte I, p. 62. Non mi sembra però possibile quanto asserisce Haüy nella sua Fisica, ediz. 1821, t. I, p. 490, cioè che una persona esposta all'elettricità, p. e. positiva, di una nube possa rimanere uccisa dal rifluire in essa l' elettrico che la nube aveva scacciato nel terreno. La quantità in fatti di questo elettrico scacciato, comunque forte si voglia la elettricità della nube, può al più equivalere a tre o quattro volte la carica che noi possiamo dare a un conduttore metallico lungo 4 piedi e grosso 2 pollici, qual è un di quelli menzionati al § 933; la qual carica non può produrre che una scossa debolissima.

Su questo contraccolpo si possono fare delle prove in piccolo, elettrizzando un ampio conduttore collocato in vicinanza di due persone collocate su due scabelli isolanti, le quali mentre si carica il detto conduttore comunichino insieme per le mani. Staccando di poi le mani, e tenendole a piccola distanza, e quindi facendo che una terza persona scarichi il conduttore, salterà fra le prime due una scintilla che partirà dalla persona più lontana e verrà alla più vicina (1).

Se una rana scorticata e decapitata di fresco e spogliata d'ogni interno viscere si collochi fra due conduttori metallici posti su d'una tavola in vicinanza di cui si faccia lavorare una macchina elettrica, ad ogni scarica del conduttore di cotale macchina essa rana si risentirà guizzando e sbattendo fortemente le zampe; e questo per l'istantaneo retrocedimento dell'elettricità stata spostata in que' due conduttori, la quale nel retrocedere passa pel corpo della rana, animale sommamente sensibile alle correnti elettriche (2). La sorpresa che questo fenomeno, benchè ovvio, destò nel professore Galvani di Bologna, fu nel 1791 la prima cagione delle celebri scoperte galvaniche, di cui parleremo a loro luogo.

997. *Effetti dell'aria elettrizzata.* Oltre alla leggerissima elettricità che l'aria può acquistare per mezzo dello sfregamento coi corpi solidi (p. 25), è stato osservato da Canton e da Beccaria ch' ella può altresì elettrizzarsi, e molto più fortemente, pel contatto dei corpi elettrizzati. In questo caso ella produce nei corpi che ne sono circondati alcuni effetti singolari, la cui spiegazione si appoggia alle dottrine dell'elettricità indotta.

Fra i diversi modi di comunicare elettricità all'aria di una camera, uno affatto ovvio è quello di farvi

(1) Lord Mahon, *Principes d'Électricité*, Londra, 1781, p. 85 e seg.

(2) Volta, *Collezione delle opere*, t. II, parte I, p. 60. Zamboni, *L'Elettromotore perpetuo*, parte I, p. 63.

lavorare per qualche tempo una macchina elettrica: in questo caso se è elettricità positiva quella che colla macchina si eccita, il conduttore di questa cede di tale elettricità all'aria che gli sta circonvicina; e se in vece si eccita elettricità negativa, tale è pure quella che viene comunicata a quest'aria. Si può ottenere più prontamente l'effetto, munendo di una punta metallica il conduttore suddetto della macchina, sia che su questo si raccolga l'elettricità positiva ovvero la negativa. Si può anche far uso utilmente della fiamma di una candelina isolata, facendo con un fil di ferro comunicare questa fiamma col detto conduttore della macchina, ovvero col pomo di una boccia di Leida carica; l'elettricità positiva o negativa di questi ultimi passa con ciò alla fiamma, e questa la dissemina in mezzo all'aria (*).

Trovandosi l'aria elettrizzata o coll'uno o coll'altro de' suddetti modi, al portare nella camera un conduttore non isolato munito di due leggierissimi pendolini a modo di elettroscopio, si osserva che questi divergono l'uno dall'altro; nel caso che l'elettricità dell'aria circostante sia positiva, essi danno segno di essere elettrizzati negativamente, fuggendo dalla cera lacca strofinata; e al contrario se l'aria è elettrizzata in meno, essi danno segno di esserlo in più. Io spiego una siffatta divergenza col riguardare l'aria siccome un corpo elettrizzato contenuto dentro un inviluppo conduttore chiuso, del quale inviluppo i pendolini formino una parte assai sporgente all'interno, e acquistino perciò alla loro superficie una forte elettricità contraria a quella di essa aria e validamente si respingano.

Per convincersi della giustezza di questa spiegazione giova usare due pallette appese a due fili di seta ben asciutti, e vedere come si comportino nella camera

(*) Volta, *Collezione delle opere*, t. I, part. II, p. 166.

non toccate e dopo toccate; dovranno prima del toccamento starsene immobili senza dar segno d'elettricità, e divergere dopo toccate.

È ovvio il vedere che nella divergenza de' due pendolini ha parte non solo la loro propria elettricità acquistata per induzione, ma eziandio la elettricità indotta delle pareti della camera e degli altri corpi in essa situati, e la elettricità diffusa nell'aria della camera medesima. Io stimo però che queste due ultime azioni, sia che favoriscano o che contrariino la detta divergenza, sieno di assai piccolo effetto quando i pendolini non sieno vicini nè alle pareti nè agli altri corpi suddetti; giacchè tenendo in mezzo alla camera elettrizzata un pendolino non isolato ma solitario, non si vede ch'esso devii sensibilmente dalla verticale; e sì che essendo solitario, la sua elettricità indotta dovrebbe essere più forte che quando ha vicino un altro pendolino.

998. Beccaria, il quale fece molte sperienze su questo soggetto, osserva che se col mezzo di una macchina elettrica noi elettrizziamo, p. e. in più, un conduttore munito di due pendolini elettroscopici, e seguitiamo a far lavorare la macchina per lungo tempo, ben inteso che il tutto si eseguisca in luogo chiuso, noi troviamo che i pendolini prestamente arrivano alla loro massima divergenza, e che di poi tornano di nuovo gradatamente a ravvicinarsi (*). Egli attribuisce questo effetto allo elettrizzarsi dell'aria per mezzo del contatto col conduttore. E ciò ben giustamente. Perciocchè l'aria quando è elettrizzata, per supposto in più, tende a respingere indietro nel terreno il fluido elettrico che i cuscinetti cedono collo strofinamento al disco e fanno quindi passare al conduttore; e però se in sul principio, quando l'azion dell'aria o manca o è ancor debolissima, possono i cuscinetti accumulare nel conduttore una quantità d'elettrico, p. e.,

(*) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 374. Priestley, *Histoire de l'Électricité*, tom. I, p. 377.

come 10; di poi, essendo sensibile quest'azione, non possono spingervene se non che come 8.

Se si sospende di far lavorare la macchina, i pendolini si vanno ravvicinando a gradi sino al contatto, e poscia retrocedono di nuovo, ma con segni di elettricità contraria. Il che, supposto che la macchina abbia somministrato elettricità positiva, proviene dal passare che fa a poco a poco nel terreno prima l'elettrico precedentemente accumulato nel conduttore, e poscia una parte altresì della sua dose naturale, in conseguenza della ripulsione esercitata dall' elettrico sovrabbondante nell' aria, e della comunicazione che i conduttori imperfetti possono stabilire fra il detto conduttore della macchina e il terreno medesimo.

Si ottiene più prontamente questa seconda divergenza toccando il conduttore con un filo di lino; e istantaneamente ella si ottiene estraendo dal conduttore una scintilla coll' avvicinamento d' un dito. E intanto che dura questa seconda divergenza de' pendolini, un dito che loro si avvicini li respinge, siccome dotato di un' elettricità simile alla loro in forza dell' induzione operata dalla stessa aria elettrizzata.

Tutti questi effetti da noi sviluppati pel caso dell' elettricità positiva, si mostrano con apparenze affatto simili anche quando l' elettricità è negativa. Del che noi lasciamo che le spiegazioni le trovi da sè medesimo il lettore, essendo facilissime.

999. In generale poi, come abbiamo accennato poc' anzi, tanto le pareti della camera ove sia stata elettrizzata l' aria, quanto tutti i corpi non isolati che in essa camera si trovano, si mostrano elettrizzati contrariamente all' aria medesima, p. e. le persone, le seggiole, ec.; e tanto più fortemente mostrano questa elettricità quanto più questi corpi sporgono innanzi in quest' aria o s' avanzano verso il mezzo della camera, e tanto più debolmente quanto più sono collocati in vicinanza delle pareti (§ 986).

1000. Crede il Beccaria che questa elettricità venga propriamente acquistata da' vapori acquei disseminati nell'aria; perocchè gli riesciva tanto più facile lo elettrizzare essa aria quanto più questa o artificialmente o naturalmente trovavasi imbevuta di umidità. Trovò poi che l'elettricità medesima si mantiene nell'aria tanto più lungamente quanto più questa è secca, ossia quanto più difficile ne fu la comunicazione. Talvolta la trovò sensibile anche dopo un'ora e mezza e più. E Volta, munito di più delicati stromenti, ve la trovò fin dopo quattro ore (*).

Immaginò il Beccaria di eseguire siffatte sperienze anche in piccolo, dentro una semplice campana di vetro. Siccome però in questa si elettrizzano facilmente anche le pareti, così io stimo che con un tal metodo sia difficile il distinguere quello che è soltanto dovuto all'elettricità dell'aria.

1001. *Cenno sull'Elettroforo.* Consiste questo strumento: 1.° in una stiacciata *A* (fig. 63), formata di un composto resinoso, e contenuta in un piatto metallico con orlo leggermente rilevato; 2.° in un disco metallico *B* ripiegato all'indietro nell'orlo e munito di un manico isolante, ovvero portato da tre cordoncini di seta uniti insieme in una loro estremità alla guisa degli spigoli d'una piramide triangolare, al qual disco si dà il nome di *Scudo*. Collocato il piatto su corpi che non sieno isolanti, si comincia ad elettrizzare la stiacciata in meno col battervi sopra o una pelle di gatto dalla banda de' peli ovvero una coda di volpe; quindi vi si sovrappone lo scudo, si tocca questo istantaneamente con una mano, poscia levata via essa mano lo si solleva pel suo manico isolante. Con ciò esso scudo si mostra elettrizzato in più, la quale elettricità ha egli acquistata per induzione, attesa la presenza della stiacciata elettrizzata in meno.

(*) *Collezione*, t. I, parte II, p. 167.

Levatagli questa elettricità, e rimesso sulla stiacciata, e toccato di nuovo colla mano, lo si alza un' altra volta elettrizzato in più; e ciò per un grandissimo numero di volte.

Serve moltissimo in questo strumento anche il piatto metallico sottoposto; ma per intendere bene l' ufficio di quest' ultimo sono necessarie alcune dottrine ulteriori. Perciò noi ci riserberemo ad altro luogo di trattare compiutamente di questo utilissimo strumento.

1002. *Sperienze di Coulomb su due globi elettrizzati collocati a diverse distanze.* Poneva questo Fisico due globi di diverso diametro a vicendevole contatto, e gli elettrizzava positivamente; dopo di che lasciavali ora a contatto, esplorandone lo stato elettrico nelle diverse parti; ed ora li recava a diverse distanze, esplorandone similmente lo stato elettrico nelle varie parti. E trovò che quando si toccavano, la elettricità nel punto del contatto e ne' circonvicini, tanto dell' un globo quanto dell' altro, o era nulla o era positiva. Quando poi erano allontanati, il globo maggiore aveva sempre dappertutto elettricità positiva; ma il minore, finchè era piccola la distanza, nel punto ove era avvenuto il contatto e in un piccolo spazio all' intorno aveva elettricità negativa; e questa mantenevasi tale fino a un certo allontanamento de' due globi, e poi cessava, lasciando che a distanze maggiori anche tutto il globo minore si mostrasse elettrizzato in più. La distanza fino a cui si manteneva quell' elettricità negativa variava secondo i diametri de' globi, come vien mostrato dalla tavola seguente:

Diametro de' globi in pollici		
maggiore	minore	Distanza fino a cui si manteneva l'elettricità negativa, in pollici
11	8	1
11	4	2
11	2	2 $^{5}/_{12}$
11	1 e al di sotto	2 $^{5}/_{12}$ (*).

(*) *Mem. Acc. Par.* 1787, p. 449.

Sorprende il vedere come l'azione attuante del globo maggiore verso i punti più vicini del minore sia più efficace a qualche distanza dal contatto, che non al contatto medesimo. Cessa però la sorpresa se si osserva che al crescere della distanza le azioni attuanti delle singole molecole dell' elettrico sovrabbondante nel globo maggiore si fanno più concorrenti, e che inoltre in que' punti del globo maggiore che stanno in faccia al minore rifluisce, per cotale allontanamento, un po' d' elettrico che prima era respinto e ritenuto nelle parti posteriori dalla presenza del detto globo minore. Quello che la sperienza mostra, si è che all' aumentare della distanza cresce più l'effetto in forza di queste due circostanze, di quello che esso diminuisca per l' allontanamento.

Crescendo però le distanze oltre ad un certo punto, succede il contrario; l'effetto svantaggia più per lo scemare delle singole azioni attuanti esercitate dal globo maggiore, di quel ch' esso vantaggi pel rendersi queste azioni più concorrenti e pel refluire dell' elettrico nelle parti anteriori del globo maggiore.

Poisson sottopose queste sperienze al calcolo e trovò de' risultamenti sufficientemente concordi con quelli di Coulomb (*).

(*) *Mem. Istit. di Francia*, *Classe Matem. e Fis.*, anno 1811, parte II, p. 208 e seg.

CAPO IV.

DELLE INDUZIONI RECIPROCHE OSSIA DELL' ELETTRICITÀ DISSIMULATA: DOTTRINE GENERALI.

Delle induzioni reciproche, allorquando fra i corpi attuanti e gli attuati non v' è di mezzo che l' aria.

1003. ***Effetti che si manifestano in un conduttore elettrizzato in più, per la presenza di un conduttore non isolato.***

Abbiamo precedentemente veduto come un corpo elettrizzato qualunque smova l'elettricità de' corpi conduttori che gli sono vicini sì isolati come non isolati. Considereremo ora gli effetti che questi altri corpi, in conseguenza dello smovimento da essi sofferto, producono a vicenda sull' elettricità dei corpi attuanti. E prima faremo un' esposizione rapida di questi varii effetti, per fermarci quindi sul più importante di tutti, cioè su quello di *dissimulare* lo stato elettrico de' corpi attuanti suddetti.

Abbiasi (fig. 64) un conduttore AB elettrizzato in più a fronte di un altro C comunicante col suolo. Comincerà l' induzione diretta, vale a dire l' azione esercitata da AB su C, a scacciar via una porzione di fluido naturale dalle parti di C più prossime ad AB, ossia a rendere queste parti elettrizzate in meno. E con ciò il corpo C diverrà atto ad operare su AB, e l' azione da esso C esercitata, che è quella di cui ora si vuol parlare, consisterà in genere nel chiamare verso C l'elettrico del corpo AB, come se esso C fosse presentato isolato con una elettricità negativa sua propria. Dalla quale azione considerata da varii lati si hanno i seguenti effetti particolari, cioè:

1.° Un maggiore adunamento di fluido elettrico nella parte anteriore *B* del detto conduttore elettrizzato *AB*, e un diradamento dell'elettrico medesimo nella parte posteriore *A*;

2.° Un accrescimento nella tendenza dell'elettrico di *AB* a uscire dalla parte *B*, e una diminuzione nella tendenza dello stesso a uscire da *A*;

3.° Un cangiamento in tutte le azioni che i corpi circostanti soffrono in conseguenza dello stato elettrico del corpo *AB*, delle quali azioni alcune poche vengono aumentate, molte diminuite, e tutte in generale alterate di direzione;

4.° Un accrescimento nella capacità del corpo *AB* per l'elettrico.

Dopo quello che si è veduto nel Capo precedente, tutti questi effetti sono affatto evidenti; gioverà nulladimeno considerarli alquanto ad uno ad uno.

1004. Per provare il primo di essi una maniera può esser quella di prendere due uguali conduttori isolati *A* e *B* (fig. 65), metterli a vicendevole contatto, elettrizzarli in più, e portare vicino all'uno *B* di essi una lamina *C* conduttrice e comunicante col terreno. Ritirato allora indietro il conduttore *A*, e quindi rimossa anche la lamina, ed esplorati separatamente i due conduttori col mezzo di simili elettrometri, si trova che *B* è più elettrizzato di *A*, quantunque la vicinanza di *C* avesse potuto determinare in *B* una perdita maggiore di fluido elettrico durante la sperienza.

In conseguenza di ciò, se il corpo elettrizzato cui si presenta il conduttore *C* non isolato, ha posteriormente annesso un elettrometro, diminuisce in questo strumento la quantità del fluido sovrabbondante e si fa minore il numero de' gradi indicati (§ 964); talchè la presenza del corpo *C fa diminuire la tensione dell'elettrico nella parte posteriore del corpo elettrizzato*. Non così avverrebbe nella parte anteriore, nella quale anzi l'elettrometro darebbe segni più vivaci.

Egli è poi degno d'osservazione che qualunque sieno le forme e le posizioni del corpo o sistema *AB* e del corpo *C*, non può mai l'elettricità del primo, in grazia del considerato smovimento, rendersi negativa in verun punto della sua superficie.

1005. Per concepire come cresca la tendenza dell'elettrico a uscire dalla banda anteriore di *AB*, basta riflettere che ciascuna delle più esterne molecole del fluido quivi eccedente, non solo, quando v'è *C*, è maggiormente respinta dalle rimanenti molecole del fluido eccedente in *AB*, per la disposizione che in generale esse han presa, più favorevole a una cotal ripulsione, ma viene altresì essa molecola attratta dal corpo deficiente *C*.

Con ciò noi possiamo spiegare il seguente fatto. Avendosi una lunga bacchetta di ferro a punte smussate ed elettrizzata in più, alla quale nell'oscurità venga avvicinata una mano in faccia all'un de' capi, si osserva sprizzare un fiocco luminoso da questo capo verso la mano, il quale fiocco cessa col trattenere l'avvicinamento della mano, come pure col tornarla ad allontanare; ma si riproduce, benchè più debole, coll'avvicinarla maggiormente, e ciò per quattro o cinque volte (*). Nasce questo dall'affollarsi più vivamente l'elettrico su quella punta, in grazia dell'avvicinamento della mano, e dal crescere la tendenza dell'elettrico a uscire dalla punta medesima.

Un altro fenomeno che si spiega nel medesimo modo l'abbiamo continuamente sott'occhio nelle scintille date dal conduttore positivo della macchina elettrica all'avvicinarvi la mano o altro corpo conduttore. La mano o in genere il conduttore avvicinato, elettrizzandosi per induzione in meno, attrae maggior copia d'elettrico in

(*) Venne questo fenomeno, con qualche leggiera diversità, osservato la prima volta da Grey; ed è riportato da Priestley nella sua *Histoire de l'Électricité*, tom. I, p. 104.

que' punti del detto conduttore della macchina i quali sono più vicini a esso corpo accostato; e questo fluido più copioso, essendo più vivamente che prima sollecitato a uscire da esso conduttore della macchina, sì per l'attrazione anteriore che per la ripulsione posteriore, può giungere a superare la resistenza dell'aria, e a scagliarsi in forma di scintilla sulla mano stessa o sull'altro corpo avvicinato.

1006. Per riguardo alla parte posteriore del corpo *AB*, egli è evidente che il fluido che ivi ancor rimane, è bensì respinto all'indietro da quello che si trova eccedente in tutto esso corpo, ma è altresì attratto all'innanzi dal corpo deficiente *C*; e questa attrazione fa scemare notabilmente gli effetti della menzionata ripulsione, la quale ripulsione era in generale già essa stessa diminuita per una disposizione meno efficace del fluido repellente.

Osservazione. Se *AB* è un conduttore perfetto, l'accumulamento dell'elettrico nella sua parte anteriore e il diradamento del medesimo nella parte posteriore procedono di pari passo colla variazione della sua tendenza a uscire dal corpo in questi luoghi; anzi in un punto qualsivoglia della superficie di *AB*, qualunque siano le forme di esso *AB* e di *C*, la tendenza che ha l'elettrico ad abbandonare *AB*, può misurarsi semplicemente dal grado di accumulamento del fluido medesimo in quel punto (p. 157, § 970). Nel caso testè citato della verga di ferro a punte smussate dante il fiocco dalla estremità vicina alla mano che si accosta, si ha in questa estremità, mentre esce il fiocco, lo stesso accumulamento di elettrico, come se mancando la mano fosse stato aggiunto alla bacchetta altro ed altro fluido, sino a farle dare similmente il fiocco dalla medesima estremità.

Non avverrebbe lo stesso quando il corpo *AB* fosse coibente. Allora, supponendo similmente ch'egli fosse elettrizzato in più, l'attrazione esercitata dal corpo *C* aumenterebbe bensì la tendenza a diffondersi nell'aria al fluido esistente dalla banda anteriore di *AB*, e la deprimerebbe

al fluido che si trova dalla banda posteriore, come pure essa attrazione cagionerebbe nel fluido di AB uno *smovimento molecolare* dante l'apparenza d'un accumulamento nella parte anteriore e d'un diradamento nella posteriore; ma, a quanto mi pare, queste apparenze di accumulamento e di diradamento non varierebbero di pari passo come le tendenze a diffondersi nell'aria.

1007. Venendo al terzo effetto, cioè al cangiamento delle azioni sofferte dai corpi vicini ad AB, è ovvio il vedere che queste azioni vengono alterate sì per lo smovimento del fluido di AB, che per l'intervento dell'elettricità negativa del corpo C.

Per considerare la cosa più minutamente, cominciamo a supporre che il corpo vicino ad AB (fig. 64) sia isolato, che sia, p. e, una palletta d di midollo di sambuco appesa a un filo di seta. E immaginiamolo collocato fra il corpo AB e il luogo ove si vuol portare il corpo C. È chiaro che la sola azione del corpo AB tende a rendere deficiente la parte di d più vicina ad AB e sovrabbondante quella più lontana. Mettendo poscia il corpo C, s'ingrandisce questo effetto, ossia crescono questi due contrarii stati del corpicello d, sì per lo smoversi del fluido di AB, che pel prendere esso C una elettricità negativa.

Non così avviene ponendo il corpicello isolato d in altre posizioni. Ponendolo in d' cioè in faccia a quella parte di AB che è più lontana da C, l'azione da esso sofferta diminuisce per entrambe le menzionate cause. Ponendolo in d'', crescerebbe essa azione per quello che dipende dal corpo AB, ma il corpo C tende in vece a farla diminuire; e nel fatto è più efficace questa influenza del corpo C che non lo smovimento operantesi in AB, e a tal segno che a parità di distanze da AB, il corpicello d sente più qui che non in qualsivoglia altro luogo la diminuzion d'azione cagionata dalla presenza del corpo C. In generale poi io stimo doversi avere una siffatta diminuzione tutte le volte

che la distanza fra AB e C è minore di ciascuna delle distanze fra essi corpi e il d.

Quando il corpicello suddetto vien collocato di fianco alla linea che unisce i due corpi AB e C, in tal caso la presenza del corpo C non solo altera la grandezza dell' azione sofferta, ma anche la direzione di essa. Sia, p. e., il corpicello d collocato nel modo mostrato dalla fig. 66. Il corpo AB finchè è solo tenderà a smuovere in d l'elettrico secondo la direzione indicata dalla freccia ef. Sopravvenendo il corpo C, questo, oltre al torcere alcun poco la direzione ef riducendola alla $e'f'$ in grazia dello smovimento cagionato in AB, tenderà per sua parte a smuovere esso fluido secondo la direzione gh; e dal comporsi insieme questi due smovimenti ne risulterà uno giusta la direzione ik.

Se la palletta presentata al corpo AB è in comunicazione col terreno, ella prende sempre per induzione un'elettricità negativa, siavi o no il corpo C, come è chiaro al considerare che C e d formano col globo terrestre un unico immenso conduttore. E questa elettricità negativa è sempre meno intensa quando è presente il corpo C che non quando manca, qualunque sia il luogo ove essa palletta vien posta, sia frammezzo ad AB e C, sia in altro luogo; del che però non ho finora potuto ridurre la dimostrazione a tale brevità da poterla qui esporre.

Il corpo C oltre al cangiare lo stato elettrico del corpicello d esposto all' azione di AB, fa anche variare la forza con cui esso corpicello, sia esso isolato o no, viene attirato verso AB. Però di questo è ora fuor di luogo il parlare.

1008. Ma veniamo ormai al quarto e più importante effetto. Da quello che si è esposto in questi ultimi paragrafi noi possiamo dedurre, che se a un conduttore AB elettrizzato in più mettiam vicino un altro conduttore C comunicante col suolo, egli succede

presso a poco lo stesso, per riguardo alle parti posteriori di esso corpo *AB*, pe' corpi situati posteriormente e ad esso contigui o soltanto vicini, ed anche pe' corpi collocati altrove ma a qualche distanza dal sistema, come se venisse a diminuire l'elettrico eccedente in esso corpo *AB*, o in altri termini, come se una porzione di questo elettrico eccedente cessasse dal poter manifestare i suoi effetti. Ed è questa porzione prossimamente uguale a quella che verrebbe a trattenersi in esso corpo *AB*, se avvenisse che *C*, dopo elettrizzatosi in meno per induzione, si rendesse affatto coibente o incapace di perdere l'acquistata elettricità negativa, e dopo ciò il corpo *AB* venisse posto in comunicazione col suolo. Quella quantità infatti d'elettrico che in cotale supposizione conserverebbesi in *AB*, anche nel reale stato delle cose è come avvinta o ritenuta a suo luogo dalla presenza del corpo *C*, nè ha veruna tendenza ad abbandonare esso corpo *AB* per comunicarsi ai conduttori non isolati collocati posteriormente e sfuggire col mezzo loro nel suolo, e ad essi conduttori situati posteriormente non dà quasi nessun segno di sua esistenza (§ 974 e 984); di maniera che i segni elettrometrici presentati dal corpo *AB* nelle sue parti posteriori, e le azioni esercitate verso i detti corpi collocati a tergo sono quasi unicamente dovuti a quella quantità d'elettrico che eccede da cotal porzione occultata o resa inoperosa. Quest'ultima porzione dicono i Fisici per brevità di linguaggio che è *dissimulata* dalla presenza del conduttore *C*; e viene indicata con sufficiente approssimazione dalla diminuzione de' segni dell'elettrometro.

Una siffatta depressione de' segni elettrometrici fa sì che posto il corpo *AB* in comunicazione con una fonte indeficiente *F* di elettrico (fig. 67), debba esso ricevere, per arrivare a una data tensione, una copia d'elettrico assai maggiore quando sia vicino il corpo *C*, che non quando questo manchi; il che è

lo stesso che dire che *la presenza del corpo* C *aumenta la capacità di* AB *per l'elettrico*. Ben s'intende che la detta sorgente, sia essa una macchina elettrica o altro, debb'essere collocata, rispetto ad *AB*, o dalla banda opposta a quella ove è *C*, o in altra tal posizione da poterle il corpo *C* occultare una parte dell'elettricità di esso *AB*.

1009. Si ha una prova di questo aumento di capacità col comunicare, mediante una boccia carica, un po' di elettrico a un conduttore, tenendo prima questo solitario e poscia ponendogli vicini altri conduttori non isolati. Portato esso conduttore sì l'una volta che l'altra a contatto di uno stesso elettrometro, il quale sia alquanto lontano affinchè su di esso non abbiano influenza i suddetti altri conduttori, si trova che, a parità di carica della boccia, l'elettrometro segna maggior numero di gradi quando sono stati vicini cotali altri conduttori.

Si può anche accertarsene col misurare mediante una boccia di Leida la capacità di un dato conduttore quando esso è solitario e quando ha vicini altri conduttori non isolati, operando nel modo indicato al § 932. E di qui s'intende la ragione, perchè nell'insegnare a cercar la capacità assoluta de' conduttori per l'elettrico, siasi raccomandato di tenerne lontani gli altri corpi (§ 933).

Un tale aumento di capacità spiega un fatto osservato da molto tempo dall'abate Nollet, cioè che le sperienze fatte colla macchina elettrica non riescono mai sì bene, come allorquando vi si affollano all'intorno molte persone, semprechè queste non producano troppa traspirazione (*).

Un altro fatto relativo a cotale aumento di capacità lo abbiamo nella seguente celebre sperienza ese-

(*) Priestley, *Histoire de l'Electricité*, T. I, p. 231, e T. II, p. 40.

guita da Epino e Wilke. Questi due Fisici, occupandosi insieme a Berlino intorno all'elettricità, presero due tavole di legno dell'estensione di circa otto piedi quadrati ciascuna, le rivestirono di foglia di stagno, e le appesero parallelamente l'una all'altra alla distanza di un pollice e mezzo. Quindi intanto che l'una delle tavole veniva elettrizzata colla macchina, l'altra comunicava con una mano d'uno degli sperimentatori, il quale di poi coll'altra mano toccava eziandio la tavola caricata; e con ciò ne aveva una sensibile scossa, quale non avrebbe potuto per nessun modo sentire se la tavola elettrizzata fosse stata solitaria. Osservarono eziandio che queste tavole quando dopo fatta girar la macchina venivano lasciate a sè senza farne la scarica, si attraevano fortemente l'una l'altra (*).

1010. *Effetti prodotti dalla presenza di un conduttore non isolato sopra un conduttore elettrizzato in meno.* Sono questi effetti, come è facile aspettarsi, affatto simili ai precedenti, scambiate soltanto le specie dell'elettricità. Se cioè al conduttore *AB* elettrizzato in meno (fig. 68) verrà avvicinato un altro conduttore *C* comunicante col suolo, si elettrizzerà quest'ultimo in più, e dalla ripulsione esercitata dal suo fluido sovrabbondante si avranno gli effetti seguenti:

1.° L'elettrico che ancor rimane nel conduttore *AB* si smoverà alquanto da *B* verso *A*; il quale smovimento però non sarà mai tale che dalla banda di *A* si arrivi allo stato positivo.

2.° Nella banda anteriore *B* si aumenterà la ten-

(*) Un primo cenno di questa sperienza si trova nella Storia dell'Accademia di Berlino pel 1756, p. 120. Una più estesa descrizione si ha nel *Tentamen Theoriae electricitatis et magnetismi* di Epino, p. 79 e seg.; come pure nella Storia dell'Elettricità di Priestley, al tom. II, pag. 38 della traduzione francese, ove si cita in proposito di questo fatto l'opera di Wilke *De electricitatibus contrariis*, p. 97.

denza a togliere elettrico all'aria contigua, e diminuirà in vece questa tendenza nella banda posteriore *A*; il quale accrescimento e la quale diminuzione, quando *AB* sia un conduttore perfetto, saranno tali, che in qualsivoglia punto della superficie di *AB* si avrà quella stessa tendenza a togliere elettrico all'aria, come in un conduttore solitario che sia elettrizzato in meno colla medesima intensità.

3.° Tutte le azioni elettriche sofferte dai corpi situati in vicinanza di *AB* verranno alterate, siano essi corpi isolati o sieno comunicanti col terreno, consistano queste azioni in uno smovimento del fluido naturale di essi corpi o in una sollecitazione al moto. Alcune di queste azioni verranno aumentate, e molte altre diminuite, e tutte in generale mutate di direzione, il tutto precisamente come s'è veduto al § 1007.

4.° In particolare poi quegli effetti dipendenti dalla presenza del corpo *C*, i quali si riferiscono o alle parti posteriori del corpo *AB*, o ad altri corpi collocati posteriormente ad esso, o a corpi situati in altre parti ma a qualche distanza, sono presso a poco que' medesimi come se divenisse meno intenso lo stato negativo del corpo *AB*: allorquando cioè è presentato il corpo *C*, viene, per riguardo a questi effetti, dissimulata una parte della deficienza di *AB*, e fa d'uopo in questo caso d'una maggior deficienza per avere cotali effetti ugualmente grandi come quando manca il corpo *C*: in somma la presenza di *C fa aumentare la capacità* di *AB*.

Per conseguenza, comunque si trovi elettrizzato il conduttore *AB*, la presenza di un altro conduttore *C* comunicante col suolo toglie apparentemente, per riguardo a molti effetti, od occulta o *dissimula*, come dicono i Fisici, una parte del vero stato elettrico di esso corpo *AB*, e ne aumenta la capacità per l'elettrico.

1011. *Ulteriori considerazioni sull'aumento di ca-*

pacità che ha luogo ne' conduttori elettrizzati per la presenza di altri conduttori non isolati.

Questo aumento di capacità, quando i due corpi *AB* e *C* sono buoni conduttori e vengono sempre tenuti nelle stesse posizioni, ha luogo secondo un medesimo rapporto per tutte le tensioni; come pure egli è lo stesso per ambedue le specie di elettricità.

Se cioè 100 parti d' elettrico eccedente in *AB* ne scacciano 80 di fluido naturale da *C*, e la deficienza di *C* dissimula a vicenda 60 delle parti eccedenti in *AB*, talchè la tensione di esso *AB* si riduca a $^2/_5$ di quel che era prima, e la capacità cresca come 2 a 5; date che vengano ad *AB* altre 100 parti, le totali 200 ne scacceranno 160 da *C*, e questo in forza della sua deficienza ne terrà dissimulate 120 di quelle di *AB* (§ 952 e 972), di maniera che in esso *AB* la tensione si troverà ancora diminuita come 5 a 2, e la capacità cresciuta come 2 a 5. E se, rimanendo i detti corpi nelle medesime posizioni, saranno tolte ad *AB* 100 parti di fluido naturale, ne verranno chiamate per induzione 80 in *C* (§ 982), le quali a vicenda dissimuleranno per 60 parti la deficienza di *AB*, facendo diminuire la tensione negativa come 5 a 2, e crescere nel rapporto di 2 a 5 la capacità.

Quando poi *C* è cattivo conduttore, l'aumento di capacità in *AB* non è sempre quello stesso, anche non variando distanza: perocchè alle piccole tensioni di *AB*, poco smovimento avviene nell' elettrico di *C*, e di poco cresce la capacità di *AB*. Nelle dottrine seguenti però noi non intendiamo di parlare che di buoni conduttori.

1012. A rendere più sensibile l' ingrandimento di capacità di cui ora ci occupiamo, serve assai bene la seguente sperienza che si eseguisce co' piatti conjugati della fig. 41.

Si collochino questi piatti *Aa* e *Bb* muniti de' loro elettrometri a quadrante *P* e *Q* parallelamente l'uno

all' altro alla distanza di poche linee, e si carichi *Aa* p. e. a + 20°. L'elettrometro *Q*, sino a che *Bb* sarà isolato, segnerà per attuazione un numero di gradi poco minore di 20, p. e. 18. Ma posto esso *Bb* in comunicazione col suolo, sparirà affatto questa elettricità attuata, scenderà l'elettrometro *Q* a 0°, e diverrà esso *Bb* sì elettrizzato per induzione in meno che se fosse isolato e solitario mostrerebbe — 18°; però la presenza del piatto *Aa* occulterà tutta questa elettricità negativa (ad eccezione di alcune minime tracce, come abbiam veduto al § 974), talchè l'elettrometro non ne darà verun segno sensibile, ed esso piatto verso i corpi laterali e posteriori si mostrerà sensibilmente allo stato naturale. E nello stesso istante che andrà a 0° l'elettrometro di *Bb*, scenderà notabilmente anche quello di *Aa*, cioè, nell'esempio supposto, sino a soli + 3°,8; giacchè se 20 parti di elettricità positiva del piatto *Aa* occultano in *Bb* una deficienza di 18° ossia di $9/_{10} \times 20°$, le 18 parti deficienti nel piatto *Bb* occulteranno $9/_{10} \times 18$ parti dell'elettricità positiva di *Aa*, ossia parti 16,2, lasciandone comparire soltanto 3,8. Avremo adunque:

in *Aa* 20 parti di fluido sovrabbondante, delle quali soltanto 3,8 sensibili, e 16,2 dissimulate; e

in *Bb* 18 parti deficienti, tutte quante dissimulate.

Levata di nuovo la comunicazione di *Bb* col terreno, sieno date ad *Aa* altre 16,2 parti, affine di portarne l'elettrometro *P* nuovamente a + 20°. Salirà l'elettrometro *Q* a $9/_{10} \times 16°,2$ ossia a 14°,58. E rimessa di poi un'altra volta la comunicazione di *Bb* col terreno, sparirà questa nuova elettricità accidentale, si avranno in *Bb* altre 14,58 parti deficienti, le quali dissimuleranno in *Aa* parti $9/_{10} \times 14,58$, ossia 13,12, portandone l'elettrometro a 6°,88. Il piatto *Aa* perciò conterrà:

20 + 16,2, ossia 36,2 parti reali di elettrico so-

vrabbondante, delle quali soltanto 6,88 saranno libere o apparenti, e le restanti dissimulate.

Volendo recare ancora il piatto *Aa* alla tensione 20°, dovremo aggiungergli altre 13,12 parti di elettrico, le quali faranno salire l' elettrometro *Q* a 9/10 × 13°,12 ossia a 11°,81; e questi spariranno col toccar *Bb* momentaneamente, e al loro sparire scenderà l'elettrometro *P* di gradi 9/10 × 11,81, ossia 10,63, cioè sino a 9°,37. Avrà dunque il piatto *Aa*,

20 + 16,2 + 13,12, ossia 49,32 parti reali di elettrico sovrabbondante, delle quali soltanto 9,37 saranno sensibili.

Potremo aggiungere ad *Aa* per portarlo a + 20° altre 10,63 parti, delle quali toccando *Bb* ne verranno dissimulate 10,63 × 9/10 × 9/10 ossia 8,61; di maniera che delle totali

$$20 + 16,2 + 13,12 + 10,63, \text{ ossia } 59,95$$

sole 11,39 saranno sensibili.

Così seguitando ancora parecchie volte, col portare ciascuna volta l' elettrometro *P* sino a + 20°, e col toccare dipoi il piatto *Bb*, noi verremo ad aggiungere ad *Aa* altre ed altre dosi di elettrico, le quali con le precedenti saranno misurate dai termini della seguente progressione geometrica decrescente:

$$20;\ 16,2;\ 13,12;\ 10,63;\ 8,61;\ 6,97, \text{ ec.}$$

de' quali sommandone insieme parecchi si avrà assai più che il numero 20 delle parti necessarie a portare a 20 gradi l' elettrometro *P* quando manca il piatto *Bb*. La carica poi a cui il piatto *Aa* tende ad arrivare col replicare continuamente siffatte operazioni, si ha dal sommare la progressione suddetta continuata in infinito. Però si può anche aver questa carica ragionando nel modo seguente. Se 20 parti d'elettrico realmente contenute in *Aa* non ne danno che 3,8 apparenti dopo che il piatto *Bb* si è fatto co-

municare col terreno, quante ce ne vorranno di reali perchè se n'abbiano 20 di apparenti? e si avranno parti

$$\frac{20 \cdot 20}{3,8}, \text{ ossia } 105,26;$$

e la capacità di *Aa* si troverà aumentata per la presenza di *Bb* nella ragione di 3,8 a 20, ossia di 1 a 5 $^5/_{19}$.

Nell'atto pratico però si può ottenere lo scopo assai più facilmente, senza replicare un gran numero di volte le indicate operazioni, col tenere il piatto *Bb* in permanente comunicazione col suolo, e col somministrare continuamente elettrico ad *Aa* mediante il lavoro della macchina, in sino a che l'elettrometro di questa sia salito a $+20°$; nel che, prescindendo dalla capacità del conduttore della macchina, converrà impiegare 5 $^5/_{19}$ volte quel tempo che sarebbe necessario senza il piatto *Bb*.

Questo piatto *Bb* poi, al replicarglisi i toccamenti dopo le diverse aggiunte di fluido fatte ad *Aa*, va perdendo continuamente delle nuove dosi di fluido naturale misurate dai termini della seguente progressione geometrica:

18; 14,58; 11,81; ec.

la somma de' quali continuati in infinito è $^9/_{10} \times$ 105,26 ossia 94,74.

Quando il piatto *Aa* venisse elettrizzato in meno, avrebbonsi degli effetti simılissimi nell'apparenza ai precedenti, ma di natura contraria. Quando cioè venissero tolte ad *Aa* 20 parti di elettrico, tanto da far mostrare $-20°$ al suo elettrometro, apparirebbe in *Bb*, finchè fosse isolato, una deficienza di 18 parti; e dopo toccato esso *Bb* momentaneamente, scomparirebbe in lui questa apparente deficienza, e il suo elettrometro scenderebbe a 0°, ed esso piatto

Bb diverrebbe per induzione carico realmente di 18 parti di elettrico sovrabbondante, le quali dissimulerebbero molta parte della deficienza di *Aa*, portandone l' elettrometro da — 20° a — 3°,8. Volendo ridurre nuovamente l'elettrometro *P* a — 20°, converrebbe togliere le parti 16,2 apparentemente riacquistate. Ma io lascierò al lettore di continuare il ragionamento sulle ulteriori operazioni, essendo cosa affatto ovvia.

1013. *Osservazione* 1.ª Nei ragionamenti testè fatti noi non abbiamo tenuto conto dell' elettricità che va continuamente dissipandosi nell' aria e lungo i sostegni. Di qui è che i risultamenti delle singole operazioni superiormente esposte sono nell' atto pratico alcun poco differenti da quanto abbiamo detto, dovendosi ne' varii caricamenti parziali del piatto *Aa* non solo rimettere la parte di elettricità dissimulatasi pel toccamento del piatto *Bb*, ma anche restituire quel tanto che va perdendosi o pe' sostegni o nell' aria. E il risultamento finale può essere alquanto modificato anche dall' elettricità diffusasi nell' aria, elettricità che essendo omologa a quella del piatto *Aa* tende a diminuirne alcun poco la capacità, operando all' opposto di quel che fa il piatto *Bb*. Perchè adunque i risultamenti effettivi di cotali sperienze meglio si accostino a quanto si è dichiarato, conviene operare in tempi secchi e con sostegni bene asciutti.

1014. *Osservazione* 2.ª Quando i due piatti conjugati sono assai vicini l' uno all' altro, e l' induzione reciproca è assai forte, ed assai grande l'aumento della capacità, può avvenire che nel progresso di queste operazioni venga il piatto *Aa* a caricarsi troppo fortemente e a dare una scintilla al piatto *Bb*. In questo caso volendo condurre a termine esse operazioni convien far uso di una tensione minore, p. e. di soli dieci gradi, o di soli cinque. Però è ovvio a vedersi, che anche usando tensioni più forti e attenendosi

a un minor numero di operazioni, si può da queste arguire quanto sia l'aumento della capacità.

1015. Abbiamo or ora accennato che l'aumento della capacità del corpo che si elettrizza è tanto maggiore quanto minore è la distanza del corpo non isolato avvicinatogli. Quantunque sia questa una verità per sè evidente, eccone nulladimeno una bella prova.

Diansi al piatto *Aa* dell'apparecchio precedente 20 parti di fluido sovrabbondante, portandone l'elettrometro *P* a + 20°, e gli si avvicini gradatamente il piatto *Bb* tenuto in permanente comunicazione col terreno, e di poi si torni gradatamente ad allontanarlo: si vedrà l'elettrometro *P* abbassarsi di più in più durante il ravvicinamento, e risalire di nuovo gradatamente nel susseguente allontanamento (*). Il che è un evidentissimo esempio del variare della capacità di un conduttore isolato a seconda che gli si porta più o men vicino un altro conduttore comunicante col terreno. Si eseguisce altresì molto comodamente questa sperienza con un elettrometro a pagliette munito di un largo cappello metallico, sopra cui prima si avvicini e poi si scosti un'altra lamina metallica non isolata.

1016. Si ha un'importante applicazione del fatto testè riferito, nell'*Elettrometro-Condensatore a intervallo d'aria*. Consiste questo in un elettrometro o a pagliette o a foglia d'oro (avente cioè due listerelle di foglia d'oro in luogo delle pagliette), munito superiormente di un cappello o piattello metallico del diametro di tre a quattro pollici, al quale cappello vien sovrapposto un altro simile piattello detto lo *Scudo*, tenuto a piccola distanza col mezzo o di tre goccioline di ceralacca attaccate a uno de' due piattelli e ridotte colla lima egualmente alte, o di tre pezzettini di taffettà, o di tre altri sottili corpicelli coibenti. Per vedere

(*) Volta, *Collezione delle Opere*, tom. I, part. I, p. 254.

uno degli usi di questo strumento, si abbia un qualche corpo di grande capacità per l'elettrico, ma elettrizzato debolissimamente. Se noi metteremo questo corpo in comunicazione col cappello del descritto strumento (fig. 69), e intanto terremo il piattello superiore o scudo in comunicazione col suolo; e quindi, dopo tolte le comunicazioni de' piattelli col corpo elettrizzato e col terreno, leveremo e allontaneremo lo scudo, vedremo nell' elettrometro de' segni assai vivi di elettricità, anche trenta, quaranta, e perfino cinquanta volte maggiori di que' che corrisponderebbero alla tensione del corpo elettrizzato. E ciò perchè quella debolissima tensione a cui era stato caricato lo strumento mediante la comunicazione col corpo elettrizzato mentre esso strumento aveva grandissima capacità, si moltiplica a molti doppii allo scemare di tale capacità per l'allontanamento dello scudo. Si possono dunque a questa maniera rendere sensibilissime le tensioni minime de' conduttori molto capaci.

Un altro uso di questo strumento può esser quello di far conoscere se sieno o no eguali le tensioni di due bocce di Leida cariche. Abbiansi due bocce qualunque, di grandezze anche assai diverse, le quali messe separatamente in comunicazione con uno stesso elettrometro a pagliette mostrino all'occhio una stessa tensione; però si dubiti di qualche piccola differenza dall'una all'altra. Per decidere il dubbio, si metterà una delle bocce in comunicazione col piattello inferiore di un Elettrometro-Condensatore a pagliette, e l'altra in comunicazione col piattello superiore; e poscia, ritirate le bocce, si staccheranno i due piattelli. Se con questo allontanamento l'indicazione dell'elettrometro crescerà alcun poco, si avrà maggior tensione nella boccia fatta comunicare col piattello inferiore; se in vece questa indicazione cadrà del tutto od anche si invertirà, sarà indizio che questa boccia avrà tensione minore. Negli altri casi, cioè quando

l'indicazione rimanga stazionaria o si abbassi di poco, non si può stabilire in generale qual conclusione se ne debba trarre, potendo questi indizii variare per diverse circostanze particolari: si può però ritenere che le due tensioni sono prossimamente uguali.

Della giustezza di questa pratica basterà per ora persuadersi col fatto; la ragione la daremo in altro luogo, dove altresì parleremo più estesamente delle varie maniere di Condensatori. Qui non ne abbiam dati che brevi cenni, necessarii per l'intelligenza di più cose che avremo fra poco ad esporre.

1017. Una maniera per dimostrare la variazione della capacità col mutare della distanza, può essere altresì quest' altra.

Procurata una macchina elettrica a due conduttori, si facciano attraverso a questi passare due tubi metallici *ab*, *cd* (fig. 70) portanti due piatti *b* e *c* muniti di orli ripiegati e atti a poter essere più o meno avvicinati collo scorrere de' detti tubi entro i rispettivi conduttori (*). E si mettano cotali piatti in comunicazione colle due palle dello spinterometro, cioè si metta quel conduttore o piatto che col girar della macchina si vuol caricare, in comunicazione colla palla isolata del detto spinterometro, e l'altro piatto o conduttore coll' altra palla. Quindi tenendo i due piatti suddetti ora più vicini ed ora più lontani, ma sempre a tali distanze che le scintille scocchino nello spinterometro, si vedranno esse scintille saltar frequentissime quando i due piatti saranno lontani, e assai più rare quando saranno vicini; e ciò perchè nel secondo caso, essendo maggiore la capacità del piatto che si carica, si esige maggiore quantità d'elettrico a portare esso piatto coll' annesso conduttore sino alla tensione necessaria al salto della scintilla.

(*) Vedi in proposito una Memoria del prof. Cesare Gazzaniga, inserita negli *Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto*, 1832, p. 359, e 1833, p. 311.

1018. *Leggi della capacità di due piatti paralleli affacciati.* Io ho fatto alcune sperienze per riconoscere come varii una siffatta capacità al cangiarsi dell' estensione e della distanza di cotali piatti. Ed ecco i risultamenti ottenuti.

Legge 1.ª In una medesima coppia di piatti collocati a differenti distanze, ma sempre piccole, essendo essi due piatti fra loro uguali, paralleli, e direttamente contrapposti, cioè collocati in modo che l'uno incontri tutte le perpendicolari alzate dall'altro, *la capacità è prossimamente in ragione reciproca della distanza.*

Ho preso due piatti circolari del diametro di 199 millimetri, e ho saldato a ciascuno di essi tre pilastrini di ceralacca, alti mill. 2,45 e del diametro di 6 a 7 millimetri, spianati superiormente, e disposti negli angoli di due uguali triangoli equilateri, di maniera che quando lo si voleva i pilastrini dell'un piatto potevano sovrapporsi a quelli dell' altro. Con questo mezzo, eseguendo la detta sovrapposizione de' pilastrini, io veniva ad avere i due piatti alla distanza di mill. 4,90; e facendo che i tre dell'un piatto stessero negli intervalli dell' altro io aveva solamente la distanza di mill. 2,45.

Ciò fatto, procedendo secondo il già indicato metodo di Cavendish (§ 932 e 933), e adoperando pe' replicati toccamenti una boccetta di Leida doppia in capacità di quella citata al § 933, ho misurato la capacità del piatto superiore, mentre l' inferiore collocato alla distanza di mill. 2,45 si trovava in comunicazione col terreno; e ho trovato questa capacità uguale a $^1/_{7,76}$ di quella della boccetta adoperata, ossia a $^1/_{3,88}$ di quella della detta boccettina menzionata al § 933, la quale boccettina nelle presenti sperienze io assumerò come unità delle capacità.

Nella stessa maniera ho misurato la capacità del medesimo sistema di piatti, essendo questi alla di-

stanza di mill. 4, 90, e l'ho trovata uguale a $\frac{1}{14,83}$ di quella della boccetta precedentemente adoperata, ossia a $\frac{1}{7,42}$ di quella della boccetta unitaria. Epperò le capacità del sistema de' piatti alle distanze suddette si trovarono avere il rapporto di 1 a 0,523.

Vuol però avvertirsi che non era tutto occupato da sola aria l'intervallo frapposto ai due piatti, essendolo in parte da' pilastrini di ceralacca, i quali, come vedremo più innanzi in questo Capitolo, aumentavano alcun poco la capacità.

Per correggere il risultamento dall'influenza di questa ceralacca osservo che essa, quando occupa l'intervallo fra due piatti conduttori, aumenta come 1 a 4, 3 la capacità che il sistema di questi piatti avrebbe con sola aria frapposta, come vedremo al § 1039; rifletto che la capacità di cotali sistemi è proporzionale alla loro estensione superficiale (§ 1019); e considero che quando i piatti testè descritti si trovavano alla distanza minore, lo spazio occupato dai pilastrini era prossimamente $\frac{1}{138}$ del totale spazio frapposto, come ho dedotto da misure apposite. E ne ricavo che a questa minore distanza, dall'essere ad essi piatti frapposta della sola aria all'esservi anche i pilastrini, la capacità doveva variare come $\frac{137}{138}+\frac{4,3}{138}:1$; e che quindi chiamata x la capacità quando vi fosse stata sola aria, si ha

$$\frac{137}{138}+\frac{4,3}{138}:1::\frac{1}{3,88}:x,$$

da cui

$$x=\frac{1}{3,973}.$$

Quando i piatti si trovavano alla distanza maggiore, i pilastrini non occupavano che $\frac{1}{276}$ dello spazio frapposto; per-

ciò chiamata y la capacità quando frammezzo non vi fosse stata che aria, si ha

$$\frac{275}{276} + \frac{4,3}{276} : 1 :: \frac{1}{7,42} : y,$$

donde

$$y = \frac{1}{7,51}.$$

Paragonando x con y, si trova che essi stanno come 1 a 0,529.

Questo metodo è capace di molta delicatezza, potendosi con quei pilastrini determinare le distanze con grande precisione. Per cotal determinazione io frapponeva alle palle dello spinterometro la grossezza del piatto d'ottone accresciuta dell' altezza d'uno de' pilastrini, e dalla misura ottenuta sottraeva la grossezza che aveva il piatto nelle parti fiancheggianti; e la differenza, ridotta eguale per tutti e tre i pilastrini col raschiarli opportunamente, mostrava la distanza suddetta de' piatti.

1019. *Legge* 2.ª Supposto che si abbiano più coppie di piatti conjugati, e che in ciascuna coppia i due piatti sieno uguali, paralleli, direttamente contrapposti, e collocati ad una distanza assai piccola in confronto delle loro dimensioni, distanza che sia la stessa per tutte le coppie, *le capacità di queste coppie sono prossimamente in ragione diretta semplice dell'estensione superficiale de' rispettivi piatti*, intendendo per questa estensione quella di una delle facce.

Ho posti due piattelli circolari, entrambi del diametro di 97 $^1/_2$ millimetri, alla distanza di mill. 2,45 l'uno dall'altro, per mezzo di tre pilastrini di ceralacca simili a que' di poc' anzi. E cercata la capacità di questo nuovo sistema, l'ho trovata $\frac{1}{30,43}$ di quella della boccetta adoperata poc'anzi, ossia $\frac{1}{15,22}$ di quella

della boccetta unitaria. La quale capacità sta a quella de' precedenti due piatti del diametro di 199 mill., collocati alla stessa distanza, nel rapporto di 1 a 0,255. Il rapporto in vece delle estensioni superficiali è di 1 a 0,240.

I pilastrini adoperati nella presente sperienza occupavano, secondo misure da me prese, prossimamente $\frac{1}{64,7}$ dello spazio frapposto. Perciò chiamata z la capacità del sistema quando non fosse frammezzato che da aria, si ha

$$\frac{63,7}{64,7} + \frac{4,3}{64,7} : 1 :: \frac{1}{15,22} : z,$$

il che dà

$$z = \frac{1}{15,99}.$$

E paragonando x con z, si trovano questi essere nel rapporto di 1 a 0,248.

1020. *Osservazione* 1.ª Quando le distanze de' due piatti sono alquanto grandi, ed è perciò minore l'azione che il piatto isolato soffre da quello non isolato, le capacità variano secondo un rapporto più piccolo di quello delle estensioni superficiali, partecipando alquanto della legge che ha luogo pe' conduttori solitarii (§ 933, osservazione 3.ª); la qual cosa si scorge già alcun poco nella sperienza testè citata.

E così pure all'ingrandirsi successivamente delle distanze, egli avviene che quando queste sono alquanto grandi, la capacità varia in un rapporto minore dell'inverso di esse distanze, come incomincia già ad apparire dalla sperienza del § 1018. E in fatti quando le distanze sono assai grandi, cessa il piatto non isolato di avere influenza sensibile.

1021. *Osservazione* 2.ª Unendo insieme le esposte due leggi, si ha che al variare simultaneamente l'e-

stensione superficiale e la distanza, la capacità varia prossimamente nella ragione diretta semplice della prima e nell'inversa della seconda.

Di qui è che se i piatti di diverse coppie sono simili, ed hanno distanze proporzionali alle rispettive dimensioni, ritenuto sempre che i piatti di ciascuna coppia sieno uguali, paralleli e direttamente contrapposti, le capacità sono nella ragione diretta semplice delle dimensioni omologhe, p. e. nella ragione de' diametri se i piatti sono circolari. E questa legge si verifica forse esattamente, e non per semplice approssimazione, ed è probabile che abbia luogo generalmente per tutti i sistemi simili, qualunque sieno le forme de' conduttori e la loro vicendevole posizione.

Se i piatti menzionati al § 1019 gli immaginiamo ingranditi sino al diametro di mill. 99 $^1/_2$, conservando loro la stessa distanza di mill. 2. 45, la loro capacità si aumenterà come $(97\,^1/_2)^2 : a\ (99\,^1/_2)^2$, e da $\frac{1}{15,99}$ diverrà $\frac{1}{15,35}$; la quale sta a quella de' due piatti del diametro di 199 mill. alla distanza di mill. 4, 90 nella ragione di $\frac{1}{15,35}$ a $\frac{1}{7,51}$ cioè di 1 a 2,044, differendo dal rapporto di 1 a 2 di una piccola quantità che può facilmente dipendere da qualche irregolarità sì nella forma de' piatti che nella esecuzione delle sperienze.

1022. *Legge* 3.^{a} Quando i due piatti sono assai vicini, e quello non isolato è uguale o maggiore di quello isolato, *la capacità del piatto isolato dipende pochissimo dalla grandezza di quello non isolato.*

Ho preso un piattello *A* (fig. 71) del diametro di 97 $^1/_2$ mill., con attaccati inferiormente tre pilastrini di ceralacca alti mill. 2, 6, e messolo sopra un altro piattello *B* non isolato e dello stesso diametro, ho cercato la capacità del piattello *A*.

Quindi ho trasportato lo stesso piattello *A* sopra un terzo *C* (fig. 72) pure non isolato, ma del diametro di 199 millimetri, dal quale si trovava separato per mezzo degli stessi pilastrini. E cercata la capacità di *A* in questa nuova disposizione, l'ho trovata bensì maggiore della precedente, ma d'assai poco, cioè solamente nel rapporto di 1 a 1 $^1/_{15}$ circa.

Possiamo da ciò argomentare che le due leggi precedentemente esposte valgono anche pel caso che il piatto non isolato sia maggiore dell'isolato; possiamo cioè ritenere che anche in questo caso la capacità del piatto isolato sia *prossimamente in ragione diretta semplice della sua estensione superficiale, e in ragione inversa della sua distanza da quello non isolato*, ben inteso che le distanze siano piccole, cioè almeno minori di $^1/_{36}$ del diametro di ciascuno de' piatti.

1023. Cerchiamo ora di determinare in numeri il preciso aumento di capacità che ha luogo in un dato piatto circolare, dall'essere solitario in mezzo all'aria all'averne contrapposto un altro non isolato di uguale grandezza.

Abbiamo detto al § 933 che un cerchio metallico del diametro di mill. 169 toccando la boccettina di Leida da me detta unitaria, la riduce a metà carica con 55 $^1/_2$ toccamenti; il che per la regola ivi data mostra che la capacità di quel cerchio è

$$\frac{1}{55\ ^1/_2 \cdot 1,443 - ^1/_2}\ ,\ \text{ossia}\ \frac{1}{79,59}$$

di quella della detta boccetta. Or quale capacità avrà questo cerchio, quando gli se ne contrapponga un altro eguale alla distanza di mill. 1,69? Chiamando *u* questa capacità, e rammentando che in una coppia di piatti del diametro di mill. 199 posti alla distanza di mill. 2,45, la capacità rispetto alla medesima boccetta è $\frac{1}{3,973}$ (§ 1018), si avrà, pel § 1021,

$$\frac{199^2}{2,45} : \frac{169^2}{1,69} :: \frac{1}{3,973} : u$$

d' onde $u = \frac{1}{3,800}$, cioè 20,94 volte, o più semplicemente 21 volte la capacità che ha lo stesso cerchio essendo solitario. Richiamando ora che tanto al variare in un dato rapporto il diametro di un cerchio conduttore solitario, quanto al variare simultaneamente in quello stesso rapporto sì il diametro che la distanza di due cerchii conjugati, la capacità sempre varia o esattamente o molto prossimamente nella ragione del diametro (§ 933 e 1021), noi ne possiamo concludere che in un cerchio conduttore qualunque, dall'essere esso solitario all'essere accompagnato con un altro non isolato posto alla distanza di $\frac{1}{100}$ del diametro, la capacità cresce, per lo meno assai prossimamente, come 1 a 21.

Per un altro esempio, cominciamo a trovare la capacità di un cerchio solitario del diametro di 199 millim. Si avrà essa dalla proporzione

$$169 : 199 :: \frac{1}{79,59} : \text{quantità cercata};$$

e sarà perciò questa capacità espressa da $\frac{1}{67,6}$, presa al solito per unità quella della già menzionata boccetta unitaria. Essendo in vece il detto cerchio contrapposto a un altro eguale non isolato, alla distanza di millimetri 4,9, cioè di $\frac{1}{40\,^1/_2}$ del diametro, la sua capacità (p. 216) è $\frac{1}{7,51}$, ossia 9 volte più grande.

Le due tavole della sperienza di Epiuo e Wilke (§ 1009) equivalevano prossimamente a due cerchii del diametro di pollici 38 $^1/_4$ collocati a una distanza uguale a $\frac{1}{25\,^1/_2}$ del loro diametro; dal che io deduco che la capacità di quel sistema era circa 6 volte maggiore di quella di una di esse tavole cimentata solitaria, e uguale a quella di una lamina circolare del diametro di 19 piedi, ed uguale altresì a $\frac{6}{13}$ di quella dell' indicata boccetta unitaria.

Osservazione. Chi vorrà ripetere le sperienze precedenti dovrà usare molta diligenza e rifarle molte volte, e riser-

barsi di ripeterle di nuovo dopo scorso il presente volume; giacchè molte delle precauzioni necessarie, non descritte per la loro minutezza e lasciate alla sagacità del lettore, dipendono da dottrine ulteriori. Avverto poi che ne' risultamenti da me ottenuti, malgrado il molto tempo impiegatovi, v'è ancora qualche leggiera inesattezza. I piatti adoperati, almeno quelli che si tenevano isolati, avrebbero dovuto essere sottilissimi, cioè colla sola grossezza necessaria a impedire che si piegassero; essendo in vece grossi circa una linea, venivano ad avere leggermente più grande la capacità, come vedremo più sotto al § 1048. E avrebbero dovuto avere gli orli quasi taglienti, giacchè l'esser questi tondeggiati rendeva dubbiosa la determinazione del diametro, non ben veggendosi quanta parte d'orlo vi si dovesse comprendere; nè poteva far danno la dispersione dell'elettricità, eseguendosi queste sperienze a tensioni assai tenui, e non tenendosi i piatti che per istanti a contatto delle bocce di Leida.

1024. *De' conduttori elettrizzati a cui sieno avvicinati de' conduttori isolati non elettrizzati.*

Quando a un conduttore elettrizzato *AB* (fig. 73) si avvicina un conduttore *C* isolato e non elettrizzato, succede in *AB* qualche poco dell'effetto che avrebbe luogo se *C* comunicasse col terreno, ma succede in grado minore. Perocchè la parte di *C* più vicina ad *AB* si elettrizza leggiermente in modo contrario ad *AB*, e la più lontana in modo omologo; ed essendo più efficace l'azione della parte più vicina, soffre *AB* la stessa azione, come se in tutta la estensione di *C* vi avesse una debole elettricità contraria a quella di esso *AB*. Da ciò segue che anche in questo caso:

1.° L'elettricità di *AB*, qualunque ne sia la specie, diviene più intensa che prima dalla banda vicina a *C*, ed acquista ivi maggior tendenza a trasmettersi all'aria contigua; e si fa meno intensa dalla banda più lontana da *C*, indebolendosi quivi altresì nella tendenza a comunicarsi all'aria;

2.° Scemano quindi i segni dati da un elettrometro annesso alla parte di *AB* più lontana da *C*, ossia s'aumenta la capacità di *AB*.

3.° Diminuiscono le azioni elettriche sofferte dai corpi collocati, rispetto ad *AB*, dalla banda *A* più lontana da *C*. Ne' corpi collocati fra *AB* e *C*, se sono isolati, cresce per la presenza di *C* lo smovimento dell'elettrico; non così se comunicano col terreno, che anzi per la presenza di *C* la loro elettricità indotta si fa minore.

Però gli effetti prodotti da *AB* nei corpi collocati al di là di *C* vengono sovente aumentati dall'interposizione di esso *C*, contrariamente a quello che ha luogo quando *C* è in comunicazione col terreno. Così avviene, p. e., essendo *C* allungato nella direzione *ABC*; e un altro esempio se n'avrà nel § 1027.

Prescindendo poi da questi ultimi effetti, gli altri da noi menzionati si avvicinano tanto più nella grandezza a quelli che il corpo *C* produrrebbe essendo comunicante col suolo, quanto più le sue dimensioni sono grandi.

1025. *De' conduttori elettrizzati a cui ne sieno avvicinati altri anch' essi elettrizzati.*

Abbiamo già considerato questo caso al § 961 e seg. Sarebbe qui il luogo di trattarlo di nuovo con maggiore estensione, considerando particolarmente gli effetti prodotti in *AB* non più dalla elettricità propria di *C*, ma dallo smovimento operatosi in *C* per la presenza di *AB*.

Però noi non possiamo che replicare, essere la questione assai complicata, e doverci contentare di esaminar con qualche diligenza alcuni casi particolari. E di generale possiamo dire soltanto, come al § 966, che il conduttore *AB* è elettrizzato nella sola superficie, così dovendo avvenire tanto per la sua propria elettricità, quanto per quella posseduta primitivamente da *C*, e quanto anche per gli smovimenti prodotti in *C* dalla presenza di *AB*; e che ciò per ragioni affatto simili ha luogo anche pel corpo *C*.

Un caso particolare relativo alla presente questione, cioè il caso che i due conduttori vicendevolmente attuantisi sieno sferici, è stato assoggettato a calcolo rigoroso da Poisson, il quale ha potuto risolvere il problema in tutta la sua generalità, cioè per qualunque rapporto de' raggi, per qua-

lunque distanza de' centri, e per qualunque stato elettrico sì dell'una che dell'altra sfera. Un risultamento appartenente a cotal caso l'abbiamo già esposto al § 1002.

Appartiene pure alla presente questione il caso contemplato al § 963, nel quale un corpo elettrizzato è soggetto all'azione di un altro corpo dotato d'una leggiera elettricità omologa alla sua, e grandissimo.

1026. La distribuzione del fluido elettrico in equilibrio può essere considerata in una maniera assai più generale, cioè supponendo che si abbia un qualsivoglia numero di corpi posti in presenza l'uno dell'altro; che questi abbiano qualunque forma, essendovene fra essi, se si vuole, anche uno grandissimo, vale a dire il globo terrestre; ch'essi sieno elettrizzati previamente in qualsivoglia modo; e che sieno o tutti conduttori, ovvero parte conduttori e parte coibenti.

Per questo caso generalissimo però non si può dire altro se non quanto si è già detto al § 968, cioè che in uno qualunque de' suddetti corpi, il quale sia conduttore, la distribuzione dell'elettrico si ha dal supporre insieme compenetrate le distribuzioni volute e dall'elettricità propria di esso corpo, e dalle varie azioni attuanti su esso esercitate da tutti gli altri corpi nell'ultimo o definitivo loro stato elettrico. E inoltre che lo stato positivo o negativo in quelli di essi corpi che sono conduttori, non può esistere che alla superficie, dovendo sempre l'interno essere allo stato naturale.

Delle induzioni reciproche, allorquando fra i corpi attuanti e gli attuati si trovano interposti dei corpi diversi dall'aria, e in ispecie dei corpi coibenti.

1027. Trovandosi fra i corpi attuanti e gli attuati interposti altri corpi o conduttori o coibenti, lo smovimento dell'elettrico che succede in questi ultimi altera e complica le azioni vicendevoli de' primi, ora favorendole ed ora contrariandole.

Cominciamo dal caso che i corpi interposti sieno

conduttori. Se questi sono piccoli in paragone dell'attuante e dell'attuato, come sono nella fig. 74, i due *c*, *c* posti fra il corpo attuante *AA'* e l'attuato non isolato *BB'*, ajutano essi, supposti primitivamente allo stato naturale, le azioni vicendevoli fra i detti due corpi. Si stabilisce in fatti in essi corpicelli *c*, *c* dalla banda volta ad *AA'* un'elettricità contraria a quella di esso *AA'*, e dalla banda volta a *BB'* un'elettricità omologa a quella di *AA'* medesimo; di maniera che nell'operare sul corpo *BB'* essi corpicelli ajutano l'azione di *AA'*, e nell'operare su *AA'* ajutano l'azione di *BB'*. Epperò corrispondentemente a una data carica comunicata ad *AA'*, riesce maggiore la carica contraria acquistata per induzione da *BB'*, maggiore la porzione di carica dissimulata in *AA'*, e minore la tensione mostrata da quest'ultimo.

Ben diversamente avviene se fra un corpo attuante *A* ed uno attuato non isolato *B* (fig. 75) si frappone una lamina conduttrice *CD* assai più larga di essi. Perocchè questa, quando non abbia elettricità propria, deprime notabilmente l'azione dell'attuante sull'attuato. Essa *CD* infatti, in quella parte *E* della sua superficie la quale è più vicina al corpo attuante *A*, piglia una forte elettricità opposta a quella di esso *A*, e in tutte le altre parti *C*, *D*, *F*, *G* piglia una debole elettricità omologa; di maniera che l'azione del corpo *CD* su *B*, considerata separatamente e avuto riguardo alla poca distanza da *E* a *B*, sarebbe contraria a quella del corpo *A*; e però esso *CD* diminuisce d'assai colla sua presenza e quasi annulla l'azione del corpo *A*. Verso il corpo *A* in vece, l'indebolimento dell'azione esercitata da *B*, è abbondantemente riparato dall'elettricità indotta di *CD*, talchè la frapposizione di questo fa aumentare la capacità di *A*.

La detta diminuzion d'azione sul corpo attuato per la frapposizione di una estesa lamina metallica ha luogo

anche quando esso corpo attuato è isolato, come si può provare avvicinando un corpo elettrizzato sopra un elettrometro a pagliette ora scoperto ed ora coperto da una larga lamina metallica isolata e non comunicante con esso elettrometro.

Passiamo ora al caso molto più importante che i corpi interposti siano coibenti.

1028. Abbiasi per un caso particolare una lastra coibente PQ (fig. 76) fiancheggiata da due lamine metalliche A e B, alle quali, come si usa, daremo il nome di *armature;* e alla lamina o armatura A tenuta isolata venga comunicata una quantità di fluido elettrico dal conduttore C di una macchina elettrica, mentre la B è posta in comunicazione col terreno. Operando le azioni elettriche attraverso ai coibenti, è facile l'immaginarsi che l'azione della A scaccerà una quantità di fluido naturale dalla B, e che questa a vicenda deprimerà notabilmente la tensione della A, ossia ne renderà molto maggiore la capacità. E così mostra effettivamente anche il fatto. E la sperienza può eseguirsi col mettere in comunicazione l'armatura A colla palla isolata di uno spinterometro, e l'armatura B coll'altra palla del medesimo posta in buona comunicazione col terreno, tenendo cotali due palle appena più vicine di quello che sieno l'una all'altra le dette armature A e B. Facendo girare la macchina si veggono scoccare fra le palle dello spinterometro suddetto delle scintille assai più rare che non quando sia rimossa l'armatura B, cioè anche trenta o quaranta volte più rare, essendo però in contraccambio assai più sonore e luminose.

Ma fin qui nulla v'è che faccia sorpresa, parendo che il tutto si possa spiegare coi principii già posti. Quello che non si sarebbe aspettato si è, che togliendo la lastra coibente interposta e lasciando le due lamine metalliche alla stessa distanza, le scintille vengono a scoccare con molto maggiore frequenza che

essendovi la lastra. Nè questa differenza nasce dallo sfuggire che prima facesse l'elettricità dell'armatura *A* lungo la superficie della detta lastra, onde avvenisse che essa armatura *A* arrivasse più lentamente alla tensione necessaria al salto della scintilla; non è, dico, così, giacchè cotale diversità ha luogo anche quando la lastra coibente è sì asciutta ed isolante che fatta comunicare l'armatura *A* con un elettrometro, e sospesane per breve tempo la comunicazione colla macchina, non mostra lo strumento quasi nessun segno di graduato indebolimento. La causa è propriamente una assai diversa capacità che ha nei due casi la lamina *A*, essendo questa molto più capace per l'elettrico quando fra essa e la *B* si trova interposta la lastra coibente. E tutto ciò avviene, con apparenze perfettamente simili, tanto caricando la lamina *A* in più, quanto caricandola in meno.

1029. Come spiegheremo ora questa diversità di capacità? Parrebbe assai ovvio lo ammettere che le due opposte elettricità si insinuino alquanto nella lastra coibente interposta, penetrando alcun poco l'elettrico sotto la superficie di questa lastra dalla banda dell'armatura elettrizzata in più, e sfuggendo del fluido naturale anche alquanto dal di sotto della superficie opposta. Allora infatti sarebbe come se cotale lastra divenisse più sottile, e si avrebbe nella lamina *A*, compresa quella contigua porzione di lastra ove si insinua l'elettricità, una capacità maggiore. Ma a questa spiegazione si oppone una grave difficoltà. Se la lastra coibente si lasciasse cotanto penetrare dall'elettricità in quel breve tempo in cui si eseguisce la carica, da potere la capacità, come mostra il fatto, divenire cinque, sei e più volte maggiore di quello ch'ella è mancando la lastra, e da ridursi perciò la parte di grossezza rimasta intatta da essa elettricità a un solo quinto o sesto di quel che era e anche a meno; non si potrebbe poi entro vasi formati della stessa sostanza coibente con-

servare una carica elettrica per mesi ed anni, come Priestley e Canton hanno potuto fare entro recipienti di vetro ermeticamente chiusi (*); ma a poco a poco il fluido che si trova sovrabbondante nell' una delle superficie di questi coibenti si farebbe strada alla superficie opposta; specialmente se si trattasse di coibenti sottilissimi, come erano i vetri adoperati da Canton, i quali arrivavano a non avere che $^1/_{130}$ di pollice inglese di grossezza ($^1/_{10}$ di linea parigina).

Similmente non si può il fenomeno attribuire che per poca parte a una diffusione delle due elettricità sulla superficie della lastra coibente all' intorno delle due armature, non essendo bastevole all' uopo una siffatta diffusione. Una lastra di vetro, per esempio, che sia larga e lunga diciotto pollici, e che sia armata nel mezzo per l' estensione di un piede quadrato, non potrebbe mai superare nella capacità un sistema di lamine metalliche aventi la stessa estensione e la stessa distanza come le due superficie del vetro; laddove in realtà lo supera d' assai, arrivando al di là del triplo, come vedremo fra poco.

1030. La migliore spiegazione consiste nello ammettere che nelle singole molecole del coibente interposto avvenga uno spostamento del fluido naturale, mediante il quale spostamento l' elettricità comunicata ad una delle armature operi più energicamente sull' opposta armatura non isolata, e induca in questa una più copiosa elettricità contraria, la quale a vicenda dissimuli una parte maggiore dell' elettricità comunicata alla prima armatura; a simiglianza di quanto si è detto nel § 1027 relativamente al caso indicato dalla fig. 74.

Per maggiore intelligenza, immaginiamoci che alle due uguali e grandi lamine metalliche A e B (fig. 77) si trovi frapposta la lastra coibente PQ, la quale ne

(*) *Histoire de l'Électricité*, tom. II, p. 102; tom. III, p. 441.

ecceda quanto è d'uopo per impedire che l'elettricità possa trascorrere sulla sua superficie dalla *A* fino alla *B*. E cominciamo a supporre che alla *A* sieno comunicate 1000 parti di fluido elettrico, senza che alla *B* sia lasciata veruna comunicazione col suolo; e che sia 1000° la tensione che per questa elettricità dovrebbe presentare la *A* quando mancasse la lastra coibente, e 990° quella che in tale mancanza verrebbe prodotta per attuazione nella *B*. Trovandosi frapposta la lastra *PQ*, e soffrendo il fluido naturale di tutte le sue molecole l'azione respingente esercitata dall'elettrico sovrabbondante di *A*, si mostreranno tutte queste molecole elettrizzate in meno dalla banda di *A* e in più da quella di *B*, tanto da poter produrre nelle due facce della lastra, considerata da sè sola, due sensibili tensioni contrarie, p. e. una di — 4° nella faccia rivolta ad *A*, e una di + 4° nella faccia rivolta a *B*; le quali opposte tensioni, combinandosi con le + 1000° e + 990° delle lamine metalliche, deprimeranno alcun poco la prima e alcun poco rialzeranno la seconda, portandole nell'addotto esempio a + 996° e a + 994°, rispettivamente.

Supponiamo dopo ciò che venga altresì elettrizzata in meno l'armatura *B* mediante la sottrazione di tante parti di fluido naturale, quante bastino, computato lo smovimento da essa sottrazione cagionato nel fluido naturale della lastra *PQ*, a distruggere la precedente tensione dell'armatura *B* medesima. E per fissar meglio le idee, e tenersi sempre ai numeri, ammettiamo che sieno tolte a *B* parti $\frac{994}{996} \times 1000$ di fluido naturale, atte a produrre per attuazione in *A*, quando mancasse *PQ*, un'apparente deficienza di parti $\frac{994}{996} \times 990$; e che da una tal sottrazione, essendovi *PQ*, venga accresciuto lo smovimento già operatosi nel fluido naturale delle molecole di essa *PQ*, d'un aumento

bastevole per sè solo a far comparire nella faccia di *PQ* volta ad *A* la tensione $-\frac{994}{996}\cdot 4^{\circ}$, ossia $-3^{\circ},992$, e in quella volta a *B* la tensione $+\frac{994}{996}\cdot 4^{\circ}$, ossia $+3^{\circ},992$; e che per conseguenza da cotal sottrazione venga depressa la tensione di *B* di gradi $\frac{994}{996}\times 1000-\frac{994}{996}\times 4$, ossia di 994°, e la tensione di *A* di gradi $\frac{994}{996}\times 990+\frac{994}{996}\times 4$, ossia di $\frac{994}{996}\times 994^{\circ}$.

Combinando insieme gli effetti delle due cariche vi sarà nelle molecole della lastra *PQ* uno spostamento del fluido naturale atto a far presentare a essa lastra la tensione $-7^{\circ},992$ nella faccia volta ad *A*, e la tensione $+7^{\circ},992$ in quella volta a *B*; e rimarrà nell'armatura *A* una tensione positiva di gradi $996-\frac{994\cdot 994}{996}$, ossia 3,996, e in *B* non si avrà più tensione alcuna. E ciò sarà altresì quello che prossimamente avrebbe luogo quando, senza elettrizzare appositamente in meno la *B*, si mettesse questa in comunicazione col terreno; perciocchè con tale comunicazione la lamina *B* si ridurrebbe prossimamente alla tensione 0°. Se in vece si fosse stabilita questa comunicazione mancando la lastra *PQ*, avrebbe l'armatura *B* perdute 990 parti di fluido naturale, e la tensione della *A* sarebbesi per attuazione diminuita di gradi $990\times\frac{990}{1000}$, ossia 980,1, riducendosi a $+19^{\circ},9$, che è quasi cinque volte più grande di $3^{\circ},996$. In questo esempio adunque le mille parti di fluido elettrico comunicate all'armatura *A*, intanto che la *B* è in comunicazione col terreno, producono in *A*, se è frapposta la la-

stra coibente, appena il quinto all'incirca di quella tensione che produrrebbero senza quella lastra; e perciò ci vorrebbe circa il quintuplo di carica per avere la medesima tensione. È poi ovvio il vedere che tutto questo discorso si può estendere con poco cangiamento anche al caso che la carica di *A* sia negativa.

Ecco adunque come la frapposizione di una lastra coibente possa aumentare d'assai la capacità d'una coppia di lamine conduttrici, delle quali una comunichi col terreno. È poi naturale il presumere che un tale accrescimento potrà essere maggiore o minore secondo la natura de' coibenti interposti, potendo essere lo spostamento dell'elettrico diversamente facile dagli uni agli altri. E ciò è quello che proveremo fra poco col fatto (*).

1031. *Osservazione*. Avviene anche qui, analogamente a quanto si è veduto al § 974, che dopo data la carica, l'armatura *B* comunicante col terreno dà qualche debole segno della sua elettricità contraria a quella di *A*. Se infatti, essendo l'apparecchio verticale (fig. 78), si annette a *B* un sottilissimo filo di lino *F*, e quindi si elettrizza la *A* in più, noi veggiamo questo filo debolmente respinto da *B*, ed esplorato opportunamente lo troviamo dotato di una leggiera elettricità negativa. Nella prova da me fatta la lastra *PQ* era di vetro, e l'armatura *B* era un po' minore della *A*, la quale ultima circostanza giovava a rendere più palesi gli effetti.

Beccaria faceva la sperienza disponendo orizzontalmente un quadro frankliniano alla cui inferiore armatura aveva annesse parecchie coppie di listerelle di foglia d'oro, cioè due listerelle nel margine, altre due

(*) Un tale spostamento del fluido naturale entro le singole molecole de' corpi viene ammesso, già da molti anni dall'illustre mio maestro, il ch. prof. Pietro Configliachi. Veggasi il Supplimento della *Guida alla Chimica* del D.r Gaspare Brugnatelli, p. 11.

un po' al di dentro dal margine, e in fine altre due ancor più indentro (fig. 79). Fatta comunicare quest'armatura col suolo, e caricata la superiore in più, egli trovava che tutte queste coppie di listerelle venivano ad acquistare qualche divergenza, la quale era maggiore nelle due listerelle più vicine al margine, minore in quelle collocate alla media distanza, e ancor più piccola nelle due più lontane; ed esploratane la elettricità, trovava che in tutte era negativa. Avvicinato un dito, le listerelle il fuggivano, siccome elettrizzato anch'esso in meno; e posto il mignolo fra le due più vicine al margine, queste si allargavano maggiormente (*).

Tutto questo è analogo a quanto dicemmo al § 974, e mostra:

1.° Che anche trovandosi interposta una lamina coibente fra un corpo elettrizzato ed uno comunicante col terreno, l'elettricità indotta di quest'ultimo non si stabilisce soltanto nelle parti anteriori della superficie, ma altresì alcun poco nelle altre parti;

2.° Che l'azione attuante procedente dall'armatura anteriore *A* del sistema *APQB* (fig. 78) ha luogo qualche leggiero grado anche sui corpi collocati posteriormente a piccola distanza dal detto sistema, malgrado la contraria elettricità dell'armatura posteriore.

Ed ecco in ciò la ragione perchè poc'anzi, nel § 1030, dopo aver supposto date 1000 parti d'elettrico alla lamina *A*, dissi che il toglierne alla *B* parti $\frac{994}{996} \times 1000$ fa *prossimamente* lo stesso come il porre la *B* in comunicazione col terreno: dissi *prossimamente*, perchè a rigore vi sono nel secondo caso que' leggieri segni negativi che or ora abbiam veduti e che mancherebbero nel primo caso.

(*) *Elettricismo artificiale*, p. 192.

Questi segni negativi però sono affatto minimi in confronto di que' che corrisponderebbero al vero stato negativo dell' armatura inferiore. Perocchè essi sono parecchie centinaja di volte più piccoli dell' indicazione dell' elettrometro comunicante coll' armatura superiore, e questa indicazione è essa stessa, in generale, oltre a un centinajo di volte più piccola di quelle che corrisponderebbero alle reali contrarie cariche delle due armature, se queste fossero solitarie.

1032. Passiamo ora ad esaminare le

Leggi riguardanti la capacità delle coppie di lamine conduttrici frammezzate da lastre piane coibenti. Si suppone sempre che in ciascuna coppia le due lamine sieno contigue alla lastra e parallele, e che una di esse sia in comunicazione col terreno.

Legge 1.ª *In una data coppia di lamine conduttrici frammezzate da un dato coibente la capacità è sensibilmente indipendente dalla tensione; ed è la stessa per ambedue le specie di elettricità.*

Perciocchè ne' quadri frankliniani una doppia quantità d'elettrico comunicata all'armatura isolata dà sensibilmente doppia tensione, una tripla quantità tripla tensione. Il che non avrebbe luogo se la capacità fosse, p. e., maggiore alle tensioni più elevate; ma allora le tensioni crescerebbero in un rapporto minore di quello delle cariche. E così pure mostra l'elettrometro lo stesso numero di gradi, dando o togliendo all' armatura isolata una medesima quantità d' elettrico.

Da ciò noi possiamo ricavare:

1.º Che accrescendo di qualsivoglia quantità la carica positiva già posseduta da una delle armature d' una lastra coibente, della quale l' altra armatura sia in comunicazione col terreno, la quantità aggiunta cagiona nel fluido naturale delle molecole della lastra un tale smovimento da poter produrre, considerato da sè solo, i medesimi segni elettrometrici nelle due facce della lastra, come se questa fosse ancora scarica. Così infatti dev' essere perchè la nuova

quantità d'elettrico possa venire dissimulata in quella stessa proporzione come la quantità già comunicata precedentemente.

2.° Che lo smovimento del fluido naturale nelle singole molecole di una lastra coibente è atto, per quanto dipende da lui, a produrre nelle due facce di essa lastra de' segni elettrometrici stanti in ragione diretta semplice della forza movente l'elettrico. Perciocchè questo è quello che ha effettivamente luogo nel caso particolare che si faccia variare la carica positiva d'una delle armature di essa lastra, intanto che l'altra è in comunicazione col suolo; nel qual caso variano in una stessa ragione l'attrazione esercitata dalla faccia elettrizzata in più, e la ripulsione esercitata da quella elettrizzata in meno; ma è indifferente per le dette molecole che l'attrazione dall'un lato e la ripulsione dall'altro siano piuttosto in una proporzione o piuttosto in un'altra, purchè si abbia in complesso una stessa forza totale. Rischiariamo la cosa con qualche esempio.

Supponiamo che 1000 parti di elettrico date all'armatura *A*, essendo *B* isolata (fig. 77), producano un tale smovimento nel fluido naturale delle molecole della lastra *PQ*, da cagionare per sè solo nelle due facce di essa *PQ* le tensioni — 4° e + 4°. Dando ad *A* 2000 parti, sarà doppia la forza movente, e si avrà nelle dette molecole uno smovimento atto a produrre in *PQ* le tensioni — 8° e + 8°. Se in vece lasciando ad *A* le 1000 parti già supposte, ne verranno tolte 998 alla *B*, si avranno due forze ancora concorrenti, ma l'una un po' maggiore dell'altra in ragione di 1000 a 998; e lo smovimento che ne risulterà, farà mostrare alle due facce di *PQ* le tensioni — 7°,992 e + 7°,992 (il che è quello che si era già assunto per supposizione nel § 1030). Se poi, in luogo di ciò, si daranno alle due lamine due cariche omologhe, l'una di 500 parti e l'altra di 480 parti di fluido eccedente, si avranno due azioni contrarie quasi eguali; e lo smovimento dell'elettrico nelle molecole di *PQ* cagionerà nelle due facce di questa de' segni proporzionali alla differenza di esse due azioni, cioè produrrà le tensioni — 0°,08 e + 0°,08. Non saprei poi bene indicare se il più o men grande smovimento consista o in una diversa

quantità del fluido smosso in ciascuna molecola, ovvero in un diverso spazio percorso da una stessa quantità di cotale fluido.

1033. Legge 2.ª *Quando la natura e la grossezza del coibente interposto è sempre quella medesima, e l'armatura comunicante col terreno è uguale o maggiore di quella isolata, ed è disposta in maniera da incontrare tutte le perpendicolari alzate da quest' ultima, la capacità del sistema dipende pochissimo dall' estensione della detta armatura comunicante col terreno.*

Io presi una lastra di vetro della grossezza di millim. 3,45, saldai sulle due facce di essa due uguali foglie circolari di stagno del diametro di mil. 141 ¼ e direttamente contrapposte l'una all' altra, e rivestii poscia di vernice copal una porzione della superficie del vetro all' intorno delle dette foglie; con che venni a costruire un quadro frankliniano ad armature uguali. Quindi ho caricate leggermente a ugual tensione due boccette di Leida equivalenti, strofinandone insieme per maggior sicurezza gli uncini dopo caricate. E coll' uncino dell' una di esse ho cominciato a toccare una delle armature del quadro, mettendo l'altra armatura in comunicazione col terreno; e poscia ho messo da parte cotale boccetta col suo avanzo di carica. Subito dopo ho scaricato il quadro, toccandone colle dita bagnate le due armature, e con una spugna inzuppata d'acqua, che io teneva pronta, ho bagnata quella faccia di esso quadro alla quale stava incollata l'armatura già posta in comunicazione col terreno, onde rendere temporaneamente cotale armatura più estesa; e appena ciò fatto, e tenuta una mano in comunicazione con quest' armatura, ho toccato l'altra armatura coll' uncino dell' altra boccetta. Dopo di che ho portato le due boccette a comunicare separatamente con un medesimo elettrometro a

pagliette, il quale non mostrò veruna sensibile differenza dall'una boccetta all'altra. Diminuirono adunque le loro tensioni egualmente, e l'armatura isolata del quadro manifestò in ambe le prove la medesima capacità. A tutto rigore la capacità era nel secondo caso qualche poco più grande, come anche si riconosceva facendo uso dell'elettrometro-condensatore (§ 1016); ma la differenza non arrivava a $^1/_{50}$ del totale; giacchè se fosse arrivata a tanto, secondo i miei computi, non si sarebbe avuta nell'elettrometro semplice quell'identità di indicazioni.

Segue da questo che in cotali quadri basta tener conto diligente della grandezza di quell'armatura a cui si vuol comunicare l'elettricità, non cercando per riguardo all'altra se non ch'ella sia un po' più grande, senza poi curarsi del quanto; e ciò tanto più perchè con poco che questa seconda armatura sopravanzi, è subito conseguito quasi tutto quell'aumento di capacità che l'ingrandimento di quest'armatura può procurare.

1034. Quando però l'armatura comunicante col terreno è la minore delle due, la capacità dipende moltissimo anche da questa, anzi pressochè interamente da essa, caricandosi fortemente l'armatura isolata soltanto in quella sua parte che si trova contrapposta all'armatura non isolata, e non caricandosi il sovrappiù che quasi nel modo di un conduttore semplice. Volendone una prova sperimentale si piglia la lastra di vetro PQ ad armature disuguali (fig. 80), si mette dapprima la maggiore B di esse in comunicazione col terreno, e isolata la minore A si tocca questa coll'uncino di una boccetta a carica; si mette quindi la A in comunicazione col terreno, si isola la B, e si fa comunicare questa coll'uncino d'un'altra boccetta b equivalente alla a e carica alla stessa tensione; in fine si mettono separatamente le due boccette in comunicazione con uno stesso elettrometro. Mostrano

esse boccette in questa prova delle tensioni residue uguali, indizio di uguali perdite, e di uguali capacità nelle armature *A* e *B*. Se però si applicasse una foglia metallica a modo di anello tutto all' intorno dell' armatura *A*, la capacità della *B* si troverebbe maggiore; e l' accrescimento sarebbe nella ragione dell' aumento dato all'estensione della *A*, quando però con tale aumento non giungesse questa *A* a superare la *B*. Possiamo adunque ritenere che la capacità dipende soltanto dall' armatura minore, o come si suol dire dall'*estensione armata*, cioè dalla estensione di quella porzione di lastra che è interamente rivestita in ambedue le faoce.

Osservando però diligentemente, la capacità, si trova leggermente più grande quando si carica l'armatura maggiore (*). Il che, nel caso d'una sproporzione molto grande, si può anche arguire col semplice ragionamento. Supponiamo infatti distinta l'armatura maggiore *B* (fig. 80) in due parti, l'una *B'* uguale e direttamente contrapposta alla *A*, e l'altra *B''* disposta a modo d'anello tutto d'intorno alla *B'*. Se noi isoliamo e carichiamo la *A*, è chiaro, da quanto abbiam detto nel paragrafo precedente, che pochissimo aumento di capacità si avrà dalla presenza di *B''*, quantunque questa possa essere sommamente grande. Se in vece noi isoliamo e carichiamo la *B*, potrà la presenza di *B''*, se è grandissima, aumentare notabilmente la capacità del sistema.

Qui poi, e generalmente in tutte queste leggi, si suppone che l' elettricità comunicata non si diffonda oltre ai confini dell' armatura isolata; il che si ottiene operando a tensioni deboli, e rivestendo al bisogno le lastre coibenti di una vernice ben isolante tutto all' intorno dell' armatura isolata suddetta. Parleremo di questa diffusione dell' elettricità nel Capo seguente.

(*) Gazzaniga, *Annali delle Scienze*, 1833, p. 344.

1035. Legge 3.ª *A pari natura e grossezza del coibente, essendo questo assai sottile ed essendo l'armatura isolata un po' minore di quella comunicante col terreno, la capacità è in ragione diretta semplice dell'estensione di detta armatura isolata.*

Rivestii una lastra di cristallo grossa mill. 3,75 con due foglie circolari di stagno direttamente contrapposte, l'una del diametro di mill. 114, l'altra del diametro di mill. 161 ¼, avendo perciò quest'ultima quasi esattissimamente un'estensione doppia della prima; e inverniciai il vetro all'intorno.

Caricai quindi ad una eguale e piccola tensione due boccette di Leida le cui capacità, aggiustate precedentemente con molta diligenza, erano come 1 a 2. E prima colla boccetta più piccola ho toccato l'armatura minore, tenendo l'armatura maggiore in comunicazione col terreno. Poscia, bagnato prontamente il vetro intorno alla detta armatura minore, e messa questa in comunicazione col terreno, ho toccato colla boccetta più grande l'altra armatura che prima era la maggiore, ma che ora, dopo quel bagnamento, è divenuta anzi la minore. Messe quindi le due boccette, prima l'una e poi l'altra, in comunicazione con un medesimo elettrometro a pagliette, non ho trovato nella sua indicazione veruna sensibile differenza; donde apparve che la capacità dell'armatura maggiore era doppia di quella della minore.

1036. Legge 4.ª *A pari natura del coibente, e a pari estensione dell'armatura isolata, essendo questa, come poc'anzi, minore di quella non isolata, la capacità è in ragione reciproca della grossezza del coibente.*

Ho costruito due quadri con lastre di cristallo l'una grossa mill. 1,11 e l'altra mill. 3,68, rivestendo la più sottile di due disuguali foglie circolari di stagno, delle quali la più piccola aveva il diametro di mill. 114, e rivestendo la più grossa d'altre due foglie cir-

colari pur disuguali, e la più piccola delle quali era del diametro di millim. 207; di maniera che le estensioni superficiali delle armature minori de' due quadri erano in ragione diretta semplice delle corrispondenti grossezze. E le capacità di questi due quadri mi risultarono eguali. Perocchè avendo caricato alla medesima tensione due boccette equivalenti, e fatto comunicare per un istante l'uncino dell'una coll'armatura minore dell'un quadro, e l'uncino dell'altra coll'armatura minore dell' altro quadro, ho trovato in queste boccette degli avanzi uguali. E perciò ho dovuto concludere che il vantaggio che aveva l'una lastra per la maggiore estensione della sua armatura minore, era nell'altra esattamente compensato dalla maggiore sottigliezza.

Questa legge era già stata trovata dal Beccaria con una pratica da lui esposta nel suo *Elettricismo artificiale*, a pag. 98, § 257. Parmi però che la prova testè esposta sia capace di maggiore esattezza.

1037. *Osservazione.* Dalle leggi fin qui esposte noi possiamo dedurre, come abbiam fatto al § 1021, che quando differiscono in grandezza tanto le dimensioni delle armature minori, quanto le grossezze delle lastre coibenti, essendo queste lastre sempre della stessa natura, le capacità stanno *in ragione diretta semplice delle estensioni superficiali delle dette armature minori, e in ragione inversa delle grossezze delle lastre.*

E se in due lastre coibenti della stessa natura le armature minori sono simili, e le grossezze sono proporzionali alle dimensioni omologhe di queste armature, le capacità sono in ragione diretta semplice di una di queste dimensioni, p. e. de' diametri, se le dette minori armature sono circolari.

Io non intendo poi di dar queste leggi come esattissime: solamente io stimo che quando la larghezza delle armature supera d'assai la grossezza delle lastre, il difetto dev' essere piccolissimo.

1038. Legge 5.ª *A pari dimensioni delle armature, e a pari grossezza delle lastre coibenti, la capacità varia secondo la natura di queste lastre.*

Io ho fatto delle sperienze comparative con lastre di vetro, di ceralacca, di gommalacca, di zolfo. Ho cioè frapposto ciascuna specie di lastre a due foglie metalliche, l'una più piccola e isolata e di dimensioni diligentemente misurate, e l'altra un po' maggiore e comunicante col terreno; e co' metodi insegnati al § 932 ho determinato la capacità che manifestava essa lastra, caricandone l'armatura isolata. Ciò fatto, col Teorema che a pari natura del coibente le capacità sono in ragione diretta dell'estensione armata e inversa della grossezza di esso coibente, ho calcolato le capacità che avrebbero avuto esse lastre nel caso che tutte fossero state della medesima grossezza e della medesima estensione armata; e ho trovato cotali capacità misurate dai numeri seguenti, cioè

Lastra di	vetro	1,00
»	ceralacca	0,55
»	gommalacca	0,425
»	zolfo	0,41

La lastra di zolfo fu la più difficile a costruire, specialmente per la proprietà che ha esso zolfo di restringersi di volume mentre si solidifica. Io il feci fondere in un piatto circolare di latta largo pollici 6 $^1/_2$, cogli orli alti 4 linee, tenuto ben orizzontale su d'una lucerna ad alcool che vi veniva fatta girare di sotto per dar un calore uniforme a tutte le parti; e riscaldatolo alquanto al di là del punto di fusione, il lasciai raffreddare coperto da una lamina metallica onde v'impiegasse più tempo; e quando incominciò a cristallizzare, versai prontamente ne' vani che formavansi altro zolfo liquido che io teneva pronto in una ampollina; ridotto poi freddo il raschiai con un vetro tagliente

affine di spianarne la superficie; in fine con un po' di vernice copal bagnai leggermente una foglia circolare di stagno e la saldai sul mezzo del detto zolfo, lasciando tutto all'intorno sulla superficie di questo uno spazio anulare nudo largo tre quarti di pollice. Interponendo poi tutta la lastra col piatto fra le palle dello spinterometro, potei misurarne la grossezza, da cui sottraendo quella già prima conosciuta della latta e quella della sottile foglia di stagno sovrapposta, potei conoscere quella dello zolfo, la quale misurata in più luoghi é presone il valor medio, risultò di mill. 4,85. Se alcuno vorrà rifar la sperienza, è bene che faccia fondere lo zolfo all'aria libera, affine di esser meno offeso da' suoi vapori, della quale avvertenza io ebbi a conoscere per prova la necessità. Avverto inoltre che difficilmente l'operazione riesce bene la prima volta, e che è d'uopo aver la sofferenza di rifarla una seconda volta colle cautele imparate nella prima.

Le armature minori di queste lastre erano tutte circolari; e i diametri di cotali armature e le grossezze delle lastre erano come segue:

La lastra di vetro era grossa mill. 3,75, ed aveva l'armatura minore del diametro di 114 millimetri; e la capacità risultò 0,423 di quella della solita boccetta unitaria.

La lastra di cera lacca aveva le due armature del diametro di millim. 97 1/2, e una grossezza di millim. 2,7 prossimamente; e la capacità fu 0,237 di quella della boccetta medesima.

La lastra di gomma lacca aveva le due armature del diametro similmente di mill. 97 1/2, ed era grossa mill. 2 1/4 prossimamente; e la capacità fu 0,219 di quella della detta boccetta.

La lastra di zolfo era grossa mill. 4,85; la minore armatura era del diametro di mill. 136; e la capacità risultò 0,190 di quella della boccetta suddetta.

1039. Per paragonare ora la capacità di una lastra di vetro armata con quella altresì di due dischi con-

jugati a intervallo d'aria, osservo che i dischi del diametro di 199 millim. posti alla distanza di mill. 2,45, se fossero stati separati da vetro, avrebbero avuto una capacità uguale a 1,97 volte quella della boccetta unitaria più volte menzionata, come si ha dalla proporzione

$$\frac{114 \cdot 114}{3,75} : \frac{199 \cdot 199}{2,45} :: 0,423 : x$$

dalla quale si ha $x = 1,97$. Perciò questa capacità è 7,64 volte maggiore di quella che aveva luogo coll'intervallo d'aria, essendovi i pilastrini; giacchè quest' ultima capacità era $\frac{1}{3,88}$ di quella della boccetta unitaria (p. 214).

Ma questi pilastrini accrescevano alcun poco la capacità della coppia de' dischi. Per toglierne l'influenza, osservo che quando i due dischi si trovavano alla detta distanza di mill. 2,45, essi pilastrini formavano un volume di circa $^1/_{138}$ dell'intervallo frapposto, come mi assicurai facendone la misura (p. 215). Chiamata adunque

k la capacità che avrebbe avuto il sistema de' due dischi, quando fosse stato frammezzato da sola aria,

pk quella che esso avrebbe avuto, essendo frammezzato da vetro; sarà

$$k\left(1 - \frac{1}{138}\right)$$

la capacità corrispondente a quella porzione de' dischi alla quale nella sperienza della p. 214 è frapposta l'aria, e

$$pk \cdot \frac{1}{138} \cdot 0,55$$

la capacità corrispondente a quella piccola porzione di

essi dischi alla quale sono frapposti i pilastrini di ceralacca. E si avrà

$$k\left(1-\frac{1}{138}\right)+p\,k\,.\,\frac{0{,}55}{138}:p\,k::1:7{,}64$$

da cui si trae

$$p=7{,}83.$$

Segue da ciò che se si hanno più coppie di piatti tutti del diametro di 199 millimetri e collocati alla distanza di millim. 2,45, essendo que' d'una coppia frammezzati da aria, e que' delle altre da zolfo, da gommalacca, ec., le capacità sono come segue:

Aria	1
Zolfo	3,21
Gommalacca	3,33
Ceralacca	4,31
Vetro	7,83

1040. *Osservazione* 1.ª È indubitabile che qualche diversità di capacità deve altresì aversi fra le diverse specie di vetri (*), fra le varie composizioni di ceralacca, ec. Ed è verisimile che vi abbia influenza anche la diversità di temperatura.

1041. *Osservazione* 2.ª Sarebbe da estendersi la tavola precedente a un maggior numero di sostanze, e da vedere se i numeri in essa contenuti manifestino qualche relazione con altre qualità de' corpi, quali sarebbero il calorico specifico, la forza rifrangente, il numero e il peso degli atomi, ec.

(*) Cuthberson dice di averlo trovato per prova. Gehler's *Physikalisches Wörterbuch neu bearbeitet*, art. *Flasche*, pag. 355, citando gli Annali di Gilbert, t. III, pag. 27.

1042. *Osservazione* 3.ª È molto naturale il pensare che quando fra i conduttori reciprocamente attuantisi non vi è di mezzo che l'aria, debbano le molecole di questa, e specialmente quelle del vapore acqueo disseminatovi, soffrire uno smovimento del loro fluido naturale nel modo or ora veduto, e con ciò cooperare alcun poco all'aumento della capacità. Io però mi sono assicurato che questa cooperazione, posto che ella abbia luogo, è sicuramente piccolissima.

Ho collocato sul piatto della macchina pneumatica due piattelli d'ottone del diametro di mill. 97 ½ tenuti alla distanza di mill. 2,6 l'uno dall'altro col mezzo di tre pilastrini di ceralacca (fig. 81). L'inferiore stava in buona comunicazione metallica colla vite d'ottone sorgente dal centro del piatto, e il superiore era toccato anzi premuto da una verghetta metallica che scendeva attraverso al coperchio d'ottone d'una campana di cristallo tubulata, entro cui stava il piccolo apparecchio. E i metalli, in tutti i luoghi dove si toccavano, erano stati raschiati. L'aria o densa o rara che veniva lasciata dentro la campana era tenuta asciutta da una piccola coppa contenente acido solforico concentrato. E la campana aveva inverniciata da molto tempo all'interno e all'esterno la superficie del collo, la quale superficie era altresì stata asciugata al fuoco poco innanzi la sperienza.

Ho quindi caricato ad una medesima piccola tensione (a circa 15° d'un elettrometro a pagliette) due boccette di Leida equivalenti, strofinandone di poi insieme gli uncini per meglio assicurarmi dell'eguaglianza delle tensioni. E fatto intanto il voto sino a un solo pollice del manometro, toccai col bottone di una delle boccette l'estremità superiore della menzionata verghetta metallica per 15 volte consecutive; in ciascuno de' quali toccamenti io aveva l'avvertenza di tenere una mano a contatto della lamina d'ottone che portava il piatto della macchina pneumatica, e che

mediante la vite sorgente dal centro di questo piatto stava in buona comunicazione metallica col piattello inferiore dell'apparecchio; e dopo ciascun toccamento io tornava a ritogliere l'elettricità comunicata. Restituita di poi l'aria, ho fatto coll'altra boccetta altri 15 toccamenti nel modo medesimo, poscia ho paragonato le residue tensioni delle due boccette, e le ho trovate perfettamente uguali, per quanto almeno potei ricavare dal mio elettrometro. Ciò mostra che il piattello superiore aveva in ambedue i casi la stessa capacità, e che perciò non veniva questa sensibilmente aumentata dalla presenza dell'aria.

Ripetuta un'altra volta la sperienza, ne ebbi lo stessissimo risultamento. Eseguitala in altro modo, cercato cioè quanti tocchi occorrevano a ridurre alla metà la tensione di una delle boccette, trovai necessarii 17 tocchi, sì essendovi l'aria come mancando.

Questa sperienza, a dire il vero, non conclude che per l'aria asciutta e della densità ordinaria. Per l'aria umida e per le densità maggiori, io lascerò la ricerca ad altro tempo o ad altri sperimentatori.

1043. *Osservazione* 4.ª Le diverse capacità che presenta uno stesso sistema di lamine conduttrici, essendo frammezzato or da aria, ora da vetro, ora da altro coibente, sono sempre fra loro nel medesimo rapporto sì alle basse che alle alte tensioni. Il che oltre all'essere mostrato da alcune sperienze, è anche una conseguenza delle cose già dette. Infatti per raddoppiare o triplicare in esso sistema la tensione, è d'uopo raddoppiare o triplicare la quantità d'elettrico sì allorquando fra le lamine non vi è che aria (p. 206), come allorquando vi è di mezzo qualche altro coibente (p. 232). Epperò vi sono gli stessi rapporti sì fra le varie cariche corrispondenti alla tensione semplice, come fra quelle corrispondenti alla tensione doppia o alla tripla.

1044. *Osservazione* 5ª. La capacità della boccetta

da me detta unitaria, alla quale per lo più ho riferite le capacità degli altri corpi e sistemi, l'ho trovata, con apposite sperienze, equivalente a quella di una lastra di vetro grossa mezza linea parigina e armata per l'estensione di pollici quadrati 9,91. Volendo perciò paragonare le capacità ottenute a p. 107 con quelle delle lastre di vetro armate, non si avrà che a moltiplicare i numeri ivi esposti per $\frac{9,91}{1,443}$, e si avranno in pollici quadrati le estensioni di vetro armato grosso mezza linea, alle quali equivalgono in capacità que' conduttori. Le capacità trovate a p. 214 e seg. debbono in vece essere moltiplicate per 9,91. Operando in questi modi io ho ottenuto i risultamenti che seguono:

Tubo lungo 2 piedi, grosso 1 pollice . . poll. qu. $^1/_{5,1}$

Tubo lungo 2 piedi, grosso 2 pollici . . . . » $^1/_{4,0}$

Tubo lungo 4 piedi, grosso 2 pollici . . . . . . » $^1/_{2,3}$

Cerchio del diametro di mill. 169 . . . . » $^1/_{8,04}$

Cerchio del diametro di mill. 338 . . . . » $^1/_{3,9}$

Tavole di Epino e Wilke (p. 220) . . . . » 4,6

1045. *Osservazione* 6.ª Se ad una lamina circolare metallica del diametro di 169 millim. noi ne contrapponiamo un'altra eguale non isolata, alla distanza di mill. 1,69, coll'intervallo occupato da vetro, acquista la prima di esse una capacità misurata da un numero x di pollici quadrati di vetro armato grosso mezza linea, dato dalla proporzione

$$\frac{27,07 \cdot 27,07}{1,128} : \frac{\pi}{4} \cdot \frac{169 \cdot 169}{1,69} :: 1 : x$$

da cui $x = 20,43$; il qual numero sta a $^1/_{8,04}$ come 1 a 164.

Da ciò, ragionando come al § 1023, noi possiamo conchiudere che in generale una lamina circolare metallica di un diametro qualunque, dall'essere solitaria all'essere accompagnata da un'altra uguale non isolata, con frapposto un vetro grosso $^1/_{100}$ del diametro, cresce in capacità per l'elettrico come 1 a 164.

1046. Legge 6.ª *Non v'è sensibile azione vicendevole fra le lastre armate cariche.*

Io ho riconosciuto che due lastre armate messe in vicinanza l'una dell'altra non si modificano sensibilmente la capacità, ben diversamente da quanto fanno in simil caso i conduttori semplici. Ho preso due sottili lastrine di vetro *A* e *B* (fig. 82) armate ciascuna per l'estensione di circa 8 pollici quadrati, aventi le armature isolate comunicanti col cappello di un elettrometro a pagliette per mezzo di due listerelle *aa'*, *bb'* di foglia di stagno, e le altre due armature comunicanti colle mie mani e perciò col terreno. Esse lastrine erano munite di due sostegni *M*, *N*, uno per ciascuna, co' quali io poteva accostarle ed allontanarle l'una dall'altra; ed erano fatte in modo che da quella parte ove esse si avvicinavano, le loro armature arrivavano assai presso all'orlo del vetro, venendo però in ciascuna lastra impedito il trascorrimento dell'elettrico dall'una armatura all'altra mediante uno strato di gommalacca fatto fondere sul detto orlo del vetro e allargato sino a ricoprire in parte le due opposte armature. Il vetro poi era al solito inverniciato tutto all'intorno delle armature isolate. Ciò preparato, con una boccetta di Leida leggiermente carica elettrizzai cotali armature isolate, tanto che l'elettrometro segnasse circa 10°. Quindi, tenendo ferma una delle lastrine, io moveva l'altra, ora accostandola alla prima ed ora allontanandola, e guardando intanto diligentemente all'elettrometro, se mai vedeva nelle pagliette qualche movimento, cioè un qualche allontanamento quando io avvicinava le lastre, e un qualche avvici-

namento nel caso contrario. Ma nulla di ciò potei scorgere: soltanto vidi le pagliette lentamente e continuamente ravvicinarsi pel lento disperdersi dell' elettricità. Da ciò io conclusi che il sistema delle due lastrine aveva sempre la stessa capacità per l'elettrico, fossero esse vicine ovvero lontane, e che perciò esse non operavano sensibilmente l'una sull'altra.

Ciò era anche da aspettarsi. Abbiasi infatti la lastra coibente *PQ* (fig. 83) munita delle due armature *A* e *B*, delle quali la *A* comunichi con un elettrometro *E* alquanto lontano, e la *B* col terreno. E sia 1000 la quantità sovrabbondante d'elettrico che forma la reale carica della *A*, ma sia soltanto 10 quella porzione di questa carica, la quale è sensibile all'elettrometro, essendo le altre 990 parti dissimulate dalla presenza della *B*; e l'elettrometro segni 10°. Se noi prenderemo una lamina metallica *C* simile alla *A* e avente la carica 10 e capace perciò, essendo solitaria e in comunicazione coll'elettrometro, di far segnare a questo i medesimi 10° come la *A*, e la sovrapporremo a quest' ultima, non si accrescerà in questa la carica che in ragione di 1000 a 1010, e la tensione diverrà 10° $^1/_{10}$, aumentandosi soltanto di $^1/_{10}$ di grado, e venendo gli altri 9°,9 dissimulati da un' opportuna quantità di elettricità contraria acquistata dalla *B*. Che se la nuova lamina elettrizzata *C*, in vece di essere posta a contatto colla *A*, si terrà a qualche distanza da questa, come mostra la figura, e senza comunicazione con altri corpi, i segni dell'elettrometro cresceranno ancor meno di un decimo di grado; perciocchè essa *C* opererà sulla *A* con minore energia che essendo nella precedente posizione, e continuerà la sua azione ad essere in gran parte dissimulata dalla *B*; ed è perciò molto naturale lo ammettere che minor porzione dell'elettrico della *A* debba venire spinta verso il medesimo elettrometro *E*. Ora si comporterà colla lamina *A* a quest' ultimo modo un' altra lastra coibente *pq* carica anch' essa di 1000 parti d' elettrico sovrabbondante, delle quali 10 sole sieno libere e sensibili: avvicinando questa nuova lastra alla *PQ* anche sino al vicendevole combaciamento delle due armature iso-

late, non potrà essa nel supposto esempio numerico aumentar la tensione della *PQ* che di $^1/_{10}$ di grado, e farà meno ancora essendo tenuta in altre posizioni più sfavorevoli; e lo stesso farà la *PQ* verso la *pq*. Ond' è che queste lastre, se solitarie possono far segnare 10° all' elettrometro, gli faranno segnare soltanto 10° $^1/_{20}$ ovvero 10° $^1/_{30}$ essendo vicine l' una all' altra e venendo fatte comunicare separatamente con esso elettrometro or l'una or l'altra. E lo stesso avverrà mettendole in vicendevole comunicazione mentre una di esse è congiunta coll' elettrometro, ovvero facendole comunicare simultaneamente entrambe con questo strumento; il che è quello che mostra l' esperienza precedente.

1047. Di questa verità è una necessaria conseguenza il fatto già veduto alla p. 237, cioè che le lastre coibenti armate, diversamente estese ma ugualmente grosse, hanno le capacità proporzionali alle estensioni armate. Avvicinando infatti l'una all'altra e in fine unendo insieme due, tre, quattro, ec. di siffatte lastre, tutte uguali fra loro e cariche alla stessa tensione, non si cangerà sensibilmente questa loro tensione per un tale avvicinamento e congiungimento; e perciò si avrà prossimamente fra tutte la medesima capacità, come essendo esse separate e lontane; cioè l' aggregato loro avrà il doppio, il triplo, il quadruplo, ec., della capacità di ciascuna separata; e per conseguenza a doppia, tripla, quadrupla estensione corrisponderà doppia, tripla, quadrupla capacità.

Le lastre curve a pari grossezza ed estensione armata uguagliano prossimamente in capacità quelle piane; perocchè cotali lastre curve possono riguardarsi come un aggregato di molte lastre piane unite ad angolo, le quali lastre piane unite comunque hanno sempre fra tutte, trascurate le impercettibili differenze, una medesima capacità totale. Il che è utile sapere per la dottrina delle bocce di Leida.

Avendosi due lastre armate, di uguale o di diversa grossezza e le cui armature isolate sieno uguali, e fa-

cendone combaciare insieme queste due armature, la capacità dell' aggregato uguaglierà, per le cose anzidette, la somma delle capacità separate. E non iscemerà questa capacità col levare una di cotali armature frapposte; giacchè l'unica che rimarrà potrà immaginarsi formata dall' unione di due di metà grossezza, appartenenti l' una all' una lastra e l'altra all' altra.

1048. *Osservazione* 1.ª Crescendo in grossezza l' armatura isolata $AA'a'a$ d' una lastra coibente PQ (fig. 84), se ne aumenta leggierissimamente anche la capacità. Si carichi infatti cotale armatura, supposta alquanto grossa, mentre la opposta è in comunicazione col terreno. L' elettricità comunicata si disporrà su tutta la superficie di essa armatura, però nella faccia AA' assai copiosamente, e nelle altre parti della sua superficie soltanto in quella stessa copia, prossimamente, come se essa armatura $AA'a'a$ fosse solitaria e carica alla stessa tensione. Immaginiamo ora per un momento che una siffatta armatura $AA'a'a$ sia formata di una materia estremamente compressibile, e che conservando la stessa carica e la stessa larghezza delle facce AA', aa', ella si restringa notabilmente nella direzione delle linee aA, $a'A'$, di maniera che l'elettricità disposta sulla faccia aa' e sulla zona che congiunge le due facce venga a ravvicinarsi moltissimo alla faccia AA'. Per le cose dette poc' anzi nel § 1046, la tensione indicata da un elettrometro comunicante con una siffatta armatura $AA'a'a$ crescerà leggierissimamente con questo restringimento, e all' incontro diminuirà di qualche minima quantità col tornarsi essa armatura a rigonfiare. E perciò cotale armatura avrà una capacità leggierissimamente maggiore avendo la grossezza Aa che essendo sottilissima.

Una dimostrazione affatto somigliante mostra che anche mancando la lastra interposta PQ, ed essendovi di mezzo solamente dell' aria, la lamina conduttrice $AA'a'a$ ha una capacità leggiermente maggiore avendo la sua attuale grossezza, che se fosse ridotta alla sola superficie AA'; come avevamo asserito a p. 221.

1049. *Osservazione 2.ª* Giacchè s'è toccato l'argomento, sarebbe qui il luogo di parlare degli effetti che vengono prodotti da un conduttore semplice elettrizzato *A* sopra un sistema *BC* formato da un altro conduttor semplice *B* e da una lastra armata *C*, una cui armatura comunichi con *B* e l'altra col terreno; de' varii effetti cioè che si hanno presentando *A* ora in un modo ed ora in un altro al detto sistema *BC*, ed essendo questo ora non elettrizzato, ora elettrizzato omologamente ad *A*, ed ora elettrizzato contrariamente. Ma io lascerò che il lettore studii da sè con opportune sperienze quei casi che gli potranno occorrere. Avvertirò solamente che gli effetti sono alquanto diversi da quelli che si avrebbero se il sistema *BC* fosse tutto un conduttor semplice di quelle dimensioni. Se per esempio il conduttore *B* fosse la parte superiore di un elettrometro a pagliette, e il sistema *BC* fosse elettrizzato in più a cinque o sei gradi di questo elettrometro, e si avvicinasse sopra quest'ultimo il conduttore *A* elettrizzato anch'esso in più, non si dovrebbe aspettare nelle dette pagliette quell'accrescimento di divergenza che abbiam detto al § 993; perciocchè l'elettrico scacciato dal cappello dello strumento non scenderebbe ad esse pagliette, ma passerebbe all'armatura isolata della lastra armata, ove non se ne troverebbe impedito l'accumulamento, essendo questo dissimulato da un'elettricità contraria che si stabilirebbe nell'armatura non isolata.

1050. *Osservazione 3.ª* Lo smovimento del fluido naturale nelle molecole de' coibenti, da noi considerato a lungo nel presente Capitolo, si manifesta anche in altri casi diversi da quelli già veduti.

Si pigli una larga lastra di vetro ben asciutta e netta, e la si sovrapponga orizzontalmente ad un elettrometro a pagliette; poi le si avvicini per di sopra un corpo elettrizzato, il quale per attuazione faccia allargare le pagliette, p. e. sino a 10°. Ritirata la lastra senza muovere il corpo elettrizzato, si vedrà l'elettrometro divergere sino a 14° o a 15°. Per qual ragione il vetro deprimeva prima quei segni? Al certo per

uno smovimento del fluido naturale delle sue molecole, il qual fluido, supposto elettrizzato in più il corpo avvicinato, si moveva entro le dette molecole in direzioni obblique, allontanandosi dal centro della lastra e dirigendosi verso il contorno e lasciando le parti centrali atte a dar segni di elettricità negativa e a diminuire l'azione attuante.

Io disposi orizzontalmente una *pila a secco*, con una estremità o *polo* in comunicazione col terreno e con isolata l'altra estremità, la quale quando si metteva in comunicazione col cappello d'un elettrometro a pagliette gli faceva segnare — 8°. Appesi a questa estremità una listerella di foglia di stagno lunga circa 4 pollici e larga 4 linee, facendola passare attraverso il filo metallico che stava annesso a tale estremità, e per migliore comunicazione mettendo una gocciolina d'acqua ove il filo attraversava la listerella. Quindi appressai a quest'ultima un bastone di ceralacca asciugato al fuoco; e questo bastone giunto alla distanza di una linea attrasse a sè la listerella, e ritiratolo indietro per più di un pollice se la tirò seco, e la tenne a sè unita per lungo tempo. Ciò avvenne certamente per lo smovimento dell'elettrico nelle molecole della ceralacca, la quale divenne atta a dar segni di elettricità positiva in faccia alla listerella, senza poter trasmettere dell'elettrico a quest'ultima, attesa la poca tensione. Un bastone di vetro si comportò come quello di ceralacca.

Nell'adoperare gli elettrometri a pagliette è comunissimo il vedere cotali pagliette allargarsi e battere contro le pareti e rimaner loro lungamente aderenti. E ciò anche quando arrivano a luoghi delle pareti non rivestiti delle laminette metalliche che si usano in questo strumento; ed eziandio quando ivi il vetro è inverniciato. In questo ultimo caso il fenomeno non si può attribuire che allo smovimento del quale ora ci occupiamo.

In generale ogni volta che si appressa un corpo elettrizzato a un coibente, avviene in tutte le molecole di quest'ultimo uno smovimento del fluido natu-

rale, il quale fluido si avvicina al corpo elettrizzato o se ne allontana secondo la specie dell'elettricità di quest'ultimo. Segue da ciò che un cilindro coibente anche asciutto, a una cui estremità sia avvicinato un corpo elettrizzato, potrà all' altra dar segni di elettricità, in grazia della successiva trasmissione dell' attuazione dall'una estremità insino all' altra. E ne segue altresì che la capacità de' conduttori può eziandio crescere per la vicinanza di corpi coibenti.

Intorno a questo spostamento molecolare dell' elettrico diremo qualche altra cosa nel Capo seguente, nell' articolo dell' *Occultamento delle Cariche de' Coibenti armati*, e in quello de' *Residui delle Scariche*. E altri esempi del medesimo li vedremo parlando de' cristalli *termoelettrici*.

1051. Dalle cose sopraddette, e specialmente dai risultamenti numerici esposti a pag. 245, è facile lo scorgere come i sistemi conduttori frammezzati da opportuni coibenti possano avere una capacità grandissima in confronto de' conduttori semplici, ed una assai grande anche a confronto de' sistemi frammezzati da sola aria. È d' uopo aggiungere che la frapposizione di buoni coibenti solidi ha altresì il vantaggio di permettere una tensione assai più forte che non quando manchino questi coibenti e vi sia soltanto dell' aria frammezzo alle lamine reciprocamente attuantisi. Infatti, allorquando fra queste non vi ha coibente interposto, dopo che la tensione è salita a un certo grado, tanto più basso quanto più son vicine esse lamine, scocca fra queste una scintilla la quale distrugge tutta la carica accumulatasi. E invece trovandosi frapposto il coibente, non può la scarica avvenire se non a tensioni sì forti che il coibente o si spezzi o lasci trascorrere l' elettrico sulla sua superficie dall' una armatura all' altra.

In conseguenza di queste prerogative, si è introdotto l' uso di costruire di tali apparecchi in forma

stabile, saldando le lamine metalliche alle due opposte facce del coibente, nel modo già veduto in alcune delle sperienze precedenti; e sonosi con ciò ottenuti i così detti *Coibenti armati*, de' quali passiamo a parlare nel Capitolo seguente.

CAPO V.

APPLICAZIONE DELLE ESPOSTE DOTTRINE AI COIBENTI ARMATI

Descrizione degli apparecchi.

1052. I *Coibenti armati* sono altri semplici ed altri composti. I *Coibenti armati semplici* sono formati da una lastra coibente o piana o curva, rivestita in ciascuna delle facce da una sottil foglia metallica o da altra materia conduttrice, a cui si dà in genere il nome di *armatura*; delle quali armature l'una si tiene isolata, e serve a ricevere l'elettricità somministrata o dalla macchina elettrica o da altra sorgente; l'altra vien posta in comunicazione col terreno o con altri conduttori, ed elettrizzandosi contrariamente per induzione giova ad aumentare la capacità della prima. Volendosi una capacità ancor maggiore si uniscono insieme diversi di siffatti apparecchi, mettendo separatamente in comunicazione le armature isolate fra loro e quelle non isolate pure fra loro; e se n'hanno i *Coibenti armati composti*. Si adoperano gli uni e gli altri per raccogliere in piccolo spazio delle quantità grandissime di elettricità, e per ottenere colle loro scariche degli effetti sommamente poderosi.

Si distinguono due sorte di Coibenti armati semplici, vale a dire il *Quadro Frankliniano* e la *Boccia di Leida*. E i composti, quantunque possano essere di molte maniere, si comprendono tutti sotto la generica denominazione di *Batterie*.

1053. Il *Quadro Frankliniano* è il più semplice di queste tre sorte di apparecchi, e insieme il più atto a far conoscere la loro teoria. Consiste esso in una lastra piana, generalmente di vetro, il più delle volte quadrata, ritenuta per maggiore solidità in mezzo a un telajo di legno, e ricoperta o, come suol dirsi, *armata*, in ciascuna delle sue facce, di una foglia metallica, ordinariamente di stagno. Una di queste foglie metalliche o *armature*, cioè quella che si vuol far comunicare colla macchina, deve avere tutto all' intorno uno spazio nudo o privo di metallo, della larghezza di due o tre pollici per lo meno, affinchè riesca bene isolata; la qual parte nuda, perchè l' isolamento sia migliore, giova che sia rivestita di vernice copal o di qualche altra incrostatura coibente; e allo stesso oggetto, cioè perchè sia men facile la dispersione dell' elettricità, giova altresì che i quattro angoli di questa armatura sieno rotondati. L' altra armatura, cioè quella posta in comunicazione col terreno, si suol fare alquanto più grande di quella isolata, perchè più copiosamente vi si accumuli l' elettricità contraria, e maggiormente s' accresca la capacità di quella isolata. In fine si suol aggiugnere all' armatura non isolata un' appendice di foglia metallica che s' accavalli sull' orlo della lastra di vetro e s' avanzi alcun poco sulla faccia opposta ove è l' armatura isolata, stando però lontana da questa di qualche pollice; la quale appendice serve a rendere più comoda la scarica. Veggasi nella fig. 85 uno di questi quadri guardato di fronte e di profilo: *MNPQ* rappresenta il telajo di legno, *ABCD* l' armatura isolata supposta rivolta verso l' osservatore, *abcd* quella non isolata supposta collocata posteriormente, *efgh* la parte posteriore dell' appendice metallica, *fgki* la parte anteriore della medesima.

In luogo di lastre di vetro si può anche far uso di lamine di mica o talco di Moscovia, le quali sono anzi ancor migliori, ma fra noi difficilmente si pos-

sono ritrovare (1). Beccaria costruì altresì un quadro con della ceralacca spianando un pastello di questa su d'una lastra di marmo piana, liscia, unta d'olio d'ulivo e scaldata per di sotto; ne fece eziandio con dello zolfo, con pece, con pece e colofonia, con colofonia e polvere di marmo stacciata ed arrostita; le quali sostanze tutte servono benissimo allo scopo, ma deesi badar bene che non vi si formino fenditure (2). Volta ne fece di legno reso coibente col calore, di cartone, di cuojo: questi però non servono bene, non potendo impedir del tutto il passaggio all'elettricità (3). In generale poi si è trovato che, ad eccezione del talco di Moscovia, quello che serve meglio è il vetro, sì per la sottigliezza delle lastre che se ne possono ottenere senza danno della consistenza, e sì per la molta capacità che esso può avere per l'elettrico, a pari dimensioni con altre materie.

1054. La *Boccia di Leida*, di cui abbiamo già dato una breve descrizione al § 893, può riguardarsi come un quadro frankliniano piegato e ridotto a superficie curva. Per costruirla si piglia un fiasco di vetro d'una pasta omogenea, senza bolle nè nodi, e di pareti sottili; per la quale sottigliezza sono molto opportune le ampolle da speziale, ove le pareti talvolta non arrivano alla grossezza di un decimo di linea. E se ne riveste esternamente il ventre con della foglia di stagno, incollandovela a liste con della pasta da cartolajo. Il collo è bene che sia alquanto lungo, non però troppo largo, per ciò che diremo parlando del disperdimento dell'elettricità; buona può essere la grossezza di un pollice colla lunghezza di quattro o cinque pollici: e questo lo si lascia senza foglia metallica, e in vece dopo lavato da ogni lordura lo si riveste di ceralacca o d'altra simile materia coibente, la quale vi si at-

(1) Gehler's *Physik. Wörterb. neu bearb.* art. *Flasche*, p. 356.
(2) *Elettricismo artificiale*, p. 75.
(3) *Collezione delle opere*, t. I, part. I, p. 67.

tacca mentre il vetro è ben caldo, sì per ottenere una buona adesione, come anche per non lasciare un velo umido aderente; basterebbe però anche della vernice copal. Nell' interno vi si versano de' minuzzoli metallici, p. e. della limatura di rame; e se il fiasco è grande, si incolla uno strato di questi minuzzoli sulla interna superficie. Talvolta, e in ispecie se la boccia dee servire a sperimenti dilicati, in luogo di porvi de' minuzzoli metallici, vien essa riempita di acqua, la quale è bene che sia salsa, sì perchè più conduttrice e sì perchè più difficile a gelare d' inverno. E a quest' acqua, o ai minuzzoli metallici che ne fanno le veci, si dà il nome di *armatura interna*, chiamandosi invece *armatura esterna* la foglia metallica che ne ricopre il ventre. Si introduce quindi dal collo sino ad immergersi nell' acqua, o in genere sino a toccare l'armatura interna, una verghetta metallica, facendola passare attraverso a un turacciolo di sughero, col quale si ottura la bocca saldandolo e ricoprendolo diligentemente con ceralacca: cotale verghetta si lascia sporgere alcun poco, e all'estremità si munisce di una palletta d'ottone a cui si dà il nome di *pomo* o *bottone*; ed essa serve per la comunicazione dell' armatura interna co' corpi esterni. Questa verghetta perchè non disperda facilmente l' elettricità non deve essere troppo sottile, p. e. non più sottile di una linea, e nemmeno troppo lunga, cioè appena di quella lunghezza che il bisogno necessariamente richiede. Per la stessa ragione anche il pomo non dev' essere troppo piccolo; però neppure troppo grosso, altrimenti presenterebbe troppa superficie all'aria, e se ne avrebbe lo stesso difetto: può esser buona la grossezza di mezzo pollice o di tre quarti di pollice. Sì la verghetta poi che il bottone devono esser lisci, senza veruna asprezza o prominenza. La verghetta si fa talora arcuata, allo scopo di appenderla al conduttore della macchina; nel qual caso le si dà il nome di *uncino*.

Ho già detto che sovente si usano vasi di vetro di collo assai largo a modo di secchii, a' quali si dà nome di *Giare* (§ 893). In queste ricopresi di foglia di stagno anche la superficie interna, lasciando però nel lembo, sì in questa superficie come anche nella esterna, uno spazio privo di tale foglia, di tre o quattro pollici d'altezza, rivestendolo in vece di ceralacca. Dal centro del fondo si conduce un tubo d'ottone sino al di fuori della bocca, terminandolo superiormente con una palla pure di ottone, e tenendolo diritto con alcuni traversi di legno collocati internamente al di sotto del lembo dell'interna armatura medesima. Queste giare sono opportune per formarne delle batterie.

Di alcune maniere di bocce utili a diversi usi particolari avremo occasione di parlare in seguito.

Le *Batterie* sono aggregati di bocce e talvolta di quadri, e servono ad ottenere dall'elettricità effetti più strepitosi. Noi riserveremo loro un articolo apposito alla fine del Capitolo.

Ora passeremo alle dottrine generali di cotali apparecchi. Spesse volte queste dottrine non verranno, per maggior brevità, applicate che ai quadri: si potranno però allora adattare altresì alle bocce, col sostituire le armature interne di queste alle armature isolate de' detti quadri. E vedremo poi a suo luogo, come sieno eziandio applicabili alle batterie.

Capacità de' Coibenti armati.

1055. La qualità che più importa conoscere in questi apparecchi si è la Capacità; giacchè principalmente da questa dipendono gli effetti che essi sono atti a produrre.

Per *Capacità* di un Coibente armato intendesi, come già si è assunto più sopra, l'attitudine di esso a contenere, a parità di tensione, una più o men grande

quantità d' elettrico in quella delle armature che si vuol caricare, intanto che l' altra è in libera comunicazione col terreno; e sì suole essa capacità dinotare col dichiarar quante volte ella comprenda quella d'un altro coibente armato di date dimensioni. Io uso indicarla col dire a quanti piedi o pollici quadrati di vetro armato grosso mezza linea parigina equivalga in capacità il coibente proposto: con che intendo essere un siffatto coibente eguale in capacità a un quadro ove il vetro abbia una tale grossezza e sia armato per tutta quella estensione superficiale, computata questa sull' armatura minore (pag. 236); o anche, ciò che è lo stesso, essere il coibente medesimo equivalente a un aggregato di tanti quadri il cui vetro sia similmente grosso mezza linea, e' de' quali la complessiva estensione armata sia quella indicata.

Può misurarsi in diversi modi questa capacità, alcuni utili in alcuni casi ed alcuni in altri.

1056. Uno de' modi è quello di paragonare col metodo di Cavendish (§ 932) la capacità del coibente proposto con quella già conosciuta di un altro: e ciò si usa allorquando uno de' due coibenti è almeno triplo o quadruplo in capacità dell' altro. Io ho diverse boccettine equivalenti in capacità a 9,91 pollici quadrati di vetro armato grosso mezza linea: e con queste posso misurare le capacità dai 30 pollici in su, determinando il numero de' tocchi e delle porzioni di tocco con cui una di esse boccettine può ridurre il coibente armato proposto alla metà tensione, e ricavando il rapporto delle capacità da una delle formole esposte nel citato § 932. Ne ho poi altre di capacità doppia, quadrupla, sestupla, ec. E con queste potrei misurare delle capacità dai 20 pollici in giù, determinando il numero dei tocchi co' quali uno de' coibenti proposti può ridurre a metà tensione una delle dette bocce.

1057. Un altro modo il quale serve a paragonare

le capacità che non differiscono molto l'una dall'altra, che sono, p. e., nel rapporto di 2 a 3 ovvero di 3 a 4, si è di caricare entrambi gli apparecchi con un elettroforo, compartendone loro le scintille in tal proporzione, che presentandoli poscia separatamente a un medesimo elettrometro, indichi questo per entrambi uno stesso numero di gradi. Non si fa uso delle prime scintille date dall'elettroforo appena dopo caricato, degradando esse troppo rapidamente dall'una all'altra; e delle seguenti se ne danno alternativamente alcune all'un coibente armato e alcune all'altro, onde non avvenga che le prime e più forti tocchino all'uno, e le ultime e più deboli all'altro, ma ne vadano di tutte le grandezze sì all'uno che all'altro. E il rapporto delle capacità si ha confrontando i numeri delle scintille date a ciascuno. È utile poi il ripetere due o tre volte la prova, per rendere minori gli errori che accidentalmente incorrono.

Sì per l'uno che per l'altro de' due metodi è necessario aspettare una stagione ben secca, asciugar col calore i contorni delle armature isolate se trattasi di quadri, o il collo delle bocce se si fa uso di queste, e operare a piccole tensioni, p. e. di soli otto o dieci gradi d'un elettrometro a pagliette; tutto ciò allo scopo che poca elettricità si dissipi durante l'operazione, sia disperdendosi nell'aria, sia trascorrendo sulla superficie de' coibenti all'intorno delle armature isolate.

1058. Si può per ultimo far uso della macchina elettrica, osservando le quantità di giro che deve fare il manubrio per portare a un medesimo grado dell'elettrometro a quadrante le due capacità che si paragonano, deducendo in ciascuna delle due prove quel poco di giro che è necessario pel solo conduttore della macchina, senza i coibenti armati.

In luogo dell'elettrometro a quadrante, può servire utilmente anche lo spinterometro adoperato nel modo

del § 1028. Si mette la palla isolata di questo strumento in comunicazione col conduttore positivo della macchina e altresì coll'armatura isolata di uno dei due coibenti armati, tenendo l'altra palla in comunicazione coll'armatura non isolata e col terreno; poscia si muove la macchina, e si osserva quanti giri si ricerchino perchè nello spinterometro si abbia un dato numero di scintille e quanto movimento si esiga perciò per ciascuna scintilla; si ripete quindi la stessa prova per l'altro coibente armato; e in fine si sottrae dai risultamenti delle due prove la quantità di giro che è necessaria per ciascuna scintilla quando mancano i due coibenti armati e non si ha a caricare che il conduttore della macchina e la palla isolata dello spinterometro.

Le avvertenze necessarie in queste due ultime maniere sono: 1.ª che le cause di dispersione dell'elettricità dipendenti dalle particolarità de' due coibenti armati non sieno gran fatto diverse dall'uno all'altro; 2.ª che le due prove fatte co' due diversi coibenti sieno eseguite immediatamente l'una dopo l'altra, affinchè le condizioni della macchina e dell'atmosfera non si cangino sensibilmente dall'una prova all'altra; anzi è utile per maggiore sicurezza il fare alternativamente più prove ora coll'uno ed ora coll'altro coibente; 3.ª che il manubrio sià mosso prossimamente colla stessa velocità in ambe le prove, affinchè le quantità d'elettricità dissipate in esse prove sieno proporzionali alle due diverse quantità di giro, e così queste quantità di giro diano non solo il rapporto delle quantità di elettricità state comunicate, ma anche quello delle quantità conservate, e altresì quello delle due capacità.

1059. Mostrano queste misure, come abbiamo già esposto nel Capo precedente: 1.º che a pari dimensioni la capacità di un coibente armato dipende dalla natura particolare della lastra coibente che si adope-

ra; 2.° che a pari natura della lastra impiegata, cotale capacità è in ragione inversa della grossezza di essa lastra, e in ragione diretta dell'estensione superficiale della minore armatura, non influendo poi in maniera sensibile l'esser piana o curva la lastra coibente suddetta.

A mostrare l'influenza della grossezza possono ottimamente servire due bocce, l'una grande ma di un vetro assai grosso, l'altra piccola e di un vetro sottilissimo. Volendole caricare alla stessa tensione, potranno bastare per la più grande tre o quattro giri della macchina, laddove per la più piccola ce ne vorranno per avventura cinque o sei.

Nelle bocce riempiute d'acqua la minore armatura è generalmente l'esterna, stantechè l'interna superficie del collo, anche dove non è coperta dal liquido, è però sempre o bagnata o almeno molto umida, e il velo liquido o umido che la ricopre può servire di armatura interna. Dall'armatura esterna adunque si misura in queste bocce l'estensione armata, e dalla medesima dipende la capacità.

1060. Da quanto abbiamo veduto ai §§ 933 e 1044, si ricava che in genere i coibenti armati sono immensamente più capaci che i conduttori semplici, seppure questi non sieno estesissimi. Il che, per riguardo alle bocce, si può agevolmente riconoscere col toccar ripetutamente, mentre sono cariche e non isolate, i loro uncini con de' conduttori isolati, trovandosi in generale che a pari dimensioni fra esse e cotali conduttori si ricercano parecchie centinaja di toccamenti per ridurle alla metà tensione.

Io ho una boccia non grande, che ha il ventre del diametro di circa un decimetro, ed è armata esternamente per l'altezza di un altro decimetro, talchè la sua esterna armatura è prossimamente dell'estensione di 44 pollici quadrati; ha il collo inverniciato per l'altezza similmente di un decimetro, e interna-

mente è riempiuta d'acqua salsa. Ora io ho trovato che la sua capacità equivale a circa 120 pollici quadrati di vetro armato grosso mezza linea, e ch'ella supera perciò oltre a 270 volte quella di un conduttore semplice lungo 4 piedi e grosso 2 pollici, non avendo questo (§ 1044) che la capacità di $^{10}/_{23}$ di pollice quadrato di vetro armato grosso similmente mezza linea. Supponendo pertanto che il corpo di una persona abbia una capacità tripla di quella di un siffatto conduttore, il che non è molto lontano dal vero, una tal boccia supererebbe in capacità oltre a 90 volte il corpo di una persona isolata. Si potrebbe quindi formare una fila di 90 persone tutte isolate dal terreno e fra loro comunicanti (che stessero, p. e., in piedi su tavole di legno portate da coni di zolfo, e che si tenessero per le mani bagnate), e appressare a una di esse, collocata ad una delle estremità della fila, il pomo della suddetta boccia ben caricata e ritenuta per l'armatura esterna da una persona comunicante col terreno; e tutte le 90 persone verrebbero elettrizzate per lo meno a metà della tensione della boccia. Perciocchè esse persone non arriverebbero fra tutte ad uguagliare in capacità la boccia, stantechè trovandosi unite si diminuirebbero la capacità a vicenda, nè la diminuzione sarebbe, a parer mio, abbastanza compensata dalla vicinanza del terreno. E tutte queste persone darebbero vivaci segni di cotale elettricità, sensibili a molta distanza; laddove la boccia, anche con tutta la sua carica primitiva, non potrebbe dare indizio di elettricità che nel pomo e attraverso alla incrostatura del collo e solamente, stando il bottone isolato, sino a pochi pollici di distanza. Che se la persona che noi supponiamo tener la boccia, fosse anch'essa isolata e stesse in comunicazione con altre ottantanove persone similmente isolate, verrebbero elettrizzate anche tutte queste novanta, ma oppostamente alle precedenti.

1061. Per riguardo ai quadri frankliniani, io ne ho uno di mediocre grandezza, armato per l'estensione di 170 pollici quadrati e col vetro grosso una linea, ed equivalente perciò nella capacità a 85 pollici quadrati di vetro armato grosso mezza linea. Ora, secondo i miei computi, egli equivale in cotale capacità a 195 volte il già menzionato conduttore lungo 4 piedi e del diametro di 2 pollici, ossia ai corpi di 65 persone.

Volta trovò in una sua sperienza che un vetro discretamente sottile armato per un'estensione di 16 pollici quadrati (cioè per un'estensione quadrata larga e lunga 4 pollici) equivaleva nella capacità a un cilindro di legno inargentato grosso sei linee e lungo 96 piedi, e avente perciò la superficie di 12 $^1/_2$ piedi quadrati; il quale cilindro poi, secondo altre sue sperienze, aveva il sestuplo della capacità di un cannone di latta lungo 6 piedi e grosso 8 pollici, dotato perciò della stessa estensione superficiale, ma così minore in capacità per essere assai più corto (§ 929) (*).

1062. Chi voglia una prova più sensibile della molta capacità de' coibenti armati, non ha che a mettere una mano in comunicazione coll' armatura non isolata di un quadro carico, e avvicinar quindi l'altra mano all'armatura isolata; prima che arrivi a toccar quest'ultima, vedrà scoccare fra essa e la mano una viva scintilla, e ne riceverà una forte e alquanto spiacevole sensazione nelle giunture, accompagnata da una involontaria contrazione de' muscoli, effetto che non può in verun modo ottenersi dai conduttori semplici, seppure non sieno enormemente grandi. Chiamasi que-

(*) *Collezione delle Opere*, tom. I, part. I, pag. 174, 175, 190, 211, 267. Quest'ultimo conduttore, secondo un mio calcolo, e prescindendo dall'aumento di capacità dovuto alla vicinanza del suolo e de' corpi circostanti, doveva essere equivalente in capacità a 5/6 di pollice quadrato di vetro armato grosso mezza linea.

st' effetto la *Scossa*. Spiacendo cotale sensazione, può l' operatore applicare all' armatura non isolata o all' estremità dell' appendice secolei comunicante una delle pallette dello scaricatore, e avvicinar l' altra palletta all' armatura isolata; e vedrà saltare fra quest' armatura e la palletta una scintilla più luminosa d' assai e assai più fragorosa di quella che scocca da un conduttor semplice ugualmente esteso e carico alla stessa tensione.

Volendo fare la sperienza con una boccia, non v' è altra diversità che quella d' avvicinare la seconda mano o la seconda palletta dello scaricatore all' uncino di essa boccia; e se ne hanno gli stessi effetti.

Delle varie maniere di caricare i Coibenti armati.

1063. *Caricare un quadro frankliniano per afflusso ed efflusso continuo.* È questa la più comune e più comoda maniera di caricare questa e le altre specie di coibenti armati; e consiste nel porre l' armatura isolata dell' apparecchio in comunicazione col conduttore positivo della macchina (supposto che si tratti di carica positiva), e l' altra armatura in buona comunicazione col terreno, e nel far quindi lavorare la macchina per un tempo sufficiente.

Volendo caricare il quadro negativamente, si pone la detta armatura isolata in comunicazione col conduttore negativo della macchina suddetta; e pel resto si procede nel modo medesimo.

È poi necessario di asciugar bene preventivamente con un po' di calore il contorno dell' armatura isolata, altrimenti la carica riesce debole e di poca durata, attesa la facile dispersione dell' elettricità da tutto il contorno di essa armatura, come diremo più ampiamente fra poco.

1064. *Caricare negativamente un quadro frankliniano col conduttore positivo della macchina.* Si isola tutto il quadro onde riesca isolata anche quell'armatura che ordinariamente suol farsi comunicare col terreno, e si mette in comunicazione con quest'ultima il detto conduttore positivo, e quindi si muove la macchina, tenendo intanto un dito in contatto coll'altra armatura. Levato il dito, e ritolto l'isolamento già detto, l'armatura isolata si trova carica in meno.

1065 *Caricare un quadro mediante la sua propria elettricità.* Isolate ambe le armature del quadro, si recano loro vicine due pallette, l'una comunicante col conduttore positivo della macchina e l'altra col conduttore negativo; e si fa lavorare essa macchina. E si osserva che mentre l'una delle armature riceve elettrico per mezzo di successive scintille date dal conduttore positivo, balzano contemporaneamente altre scintille fra l'altra armatura e il conduttore negativo, le quali, per ciò che poc'anzi s'è detto, portano elettrico da cotale armatura a questo conduttore: e cotali coppie di scintille contemporanee sono dapprima frequentissime, ma poscia si rendono gradatamente più rare e in fine cessano affatto. Qui l'elettricità che esce dalla seconda armatura e salta al conduttore negativo, passa da questo ai cuscinetti, dai cuscinetti al disco di cristallo, da questo disco al conduttore positivo, e da questo in fine va a caricare la prima armatura; talchè in siffatta sperienza la macchina non fa che pigliare il fluido naturale dell'una armatura e accumularlo nell'altra.

1066. *Caricare un quadro per alternazione semplice.* Questo non è altro che l'eseguire sul quadro la sperienza descritta al § 1012, ed è assai adattato per dimostrare la grande capacità di un tale apparecchio. Si colloca il quadro su di un isolatore (fig. 86), si adatta un elettrometro a quadrante a ciascuna delle sue armature, si pone l'armatura *A* in comunicazione col

conduttore positivo della macchina, lasciando l'armatura *B* isolata, e si mette la macchina in azione; e si veggono immediatamente salire ambi gli elettrometri quasi ugualmente, però, a guardare con diligenza, quello di *B* un po' meno; p. e. quello di *A* sino a 40°, e quello di *B* a 39° 3/4. Si toglie la comunicazione della *A* colla macchina, e si stabilisce quella di *B* col terreno; e all'istante l'elettrometro di *B* scende a 0° (trascurando i segni negativi di cui si è parlato al § 1031, e che sono affatto insensibili), e quello di *A* fin quasi a 0°, rimanendo soltanto in quest'ultimo una debolissima tensione, p. e. di 1/2 grado, la quale non viene indicata in modo sensibile dall'elettrometro a quadrante, per ciò che diremo nel Capo VIII, ma il verrebbe benissimo da uno a pagliette.

Si ritoglie dopo ciò la comunicazione fra *B* e il terreno, rimettendo quella di *A* colla macchina, e si mette di nuovo in azione quest'ultima sino a che la *A* ritorni alla sua prima tensione, cioè a' suoi 40°, mediante l'aggiunta di altri 39° 1/2 a quel mezzo grado che già ella aveva; e scorgesi salire notabilmente anche l'elettrometro di *B*, ma questa volta appena meno che precedentemente, cioè, stando all'addotto esempio, sino a soli 39° 1/4, giacchè i 39° 1/2 aggiunti ad *A* non possono attuar *B* che sino a questo punto. Tolta poi la comunicazione fra *A* e la macchina, e stabilita quella di *B* col terreno, scende l'elettrometro di *B* sino a 0°, e quello di *A* sino a non avere che una tensione, p. e., di 1 grado, la quale però non è neppur essa da lui sensibilmente indicata.

Si replicano una terza volta le suddette due operazioni, cioè tanto l'operazione di isolare l'armatura *B* e mettere la *A* in comunicazione colla macchina, movendo poscia essa macchina sino a recare quest'armatura *A* alla solita tensione di 40°; quanto l'operazione di isolare di poi la *A* e mettere la *B* in comunicazione col terreno. Quindi si replicano le stesse una

quarta volta, una quinta, ec. sino a un numero grandissimo. E si ha sempre dalla prima di cotali operazioni un innalzamento anche nell' elettrometro della *B*, il quale però dall' una volta all' altra sale progressivamente meno, secondo una progressione geometrica decrescente. E in ciascuna ripetizione della seconda operazione si ha un abbattimento totale nell' elettrometro della *B*, e un decadimento soltanto parziale in quello della *A*, conservandosi in questa *A* un resto di tensione, il quale da piccolissimo che era in sul principio va progressivamente aumentandosi dall' una volta all' altra sino a divenire alla fine vicinissimo alla tensione di 40°.

Paragonando questa serie di operazioni con quella affatto somigliante esposta al § 1012 ove si avevano due lamine separate da sola aria, e supponendo uguali e ugualmente lontane le due lamine conduttrici reciprocamente attuantisi, e uguali le separate cariche date alla lamina isolata, si trova che nel presente caso crescono assai più lentamente dall'una volta all'altra le tensioni che rimangono al primo elettrometro dopo messo il secondo in comunicazione col terreno, e che similmente è assai più lento il decrescere de' successivi innalzamenti del secondo elettrometro; e tutto ciò in grazia della molto maggiore capacità che ha la lamina comunicante colla macchina quando l' intervallo fra essa e la compagna è occupato da vetro.

1067. *Caricamento per alternazione doppia.* Consiste questo nel mettere alternativamente le due armature del quadro in comunicazione ora coll' uno ed ora coll'altro conduttore della macchina, avvertendo che quando l' un conduttore è impiegato a caricare l' armatura a lui destinata, l'altro conduttore comunichi col terreno. S' incomincia, p. e., a porre l'armatura *A* in comunicazione col conduttore positivo, lasciando intanto isolata la *B*, e facendo comunicare il conduttore negativo col terreno; si toglie quindi questo conduttor negativo dalla comunicazione col terreno e lo si

mette in comunicazione coll' armatura B, lasciata intanto isolata la A, e fatto ora comunicare il conduttore positivo col terreno: si ritorna di poi alle prime comunicazioni, quindi alle seconde, e così alternativamente. E con ciò, quando il tempo sia asciuttissimo, ed entrambe le armature ottimamente isolate, e si eseguiscano con grande rapidità i descritti cambiamenti di comunicazione, può aversi nel coibente armato una carica assai maggiore che non adoperando separatamente l'uno o l'altro dei due conduttori e operando in una delle altre maniere già descritte. Supponiamo in fatti che i due conduttori possano dare le tensioni + 60° e — 40°, e che le due armature del quadro si sieno ridotte vicinissime a queste tensioni: toccando noi colla mano quell' armatura che è a — 40°, verremo a darle tanto elettrico da ridurla a 0°, e da poterla recare, quando fosse isolata e scarica, da 0° sino a + 40°; ora questo elettrico eserciterà sull'altra armatura un' azione attuante bastevole a portare quest' ultima armatura dallo 0° sin presso a + 40°, p. e. sino a + 39° 3/4; e un tale effetto combinandosi colla tensione + 60° già posseduta da cotale seconda armatura, darà + 99° 3/4 che sarà la misura della carica. Siccome però in questa lunga serie di operazioni è assai il poter ottenere che le due armature arrivino sino a soli cinque o sei gradi di distanza dai suddetti + 60° e — 40°, anche in circostanze favorevoli, così non potremo, nei già detti supposti, arrivare che a una carica corrispondente a + 85° o a + 90° (*).

1068. La carica per alternazione, sia semplice, sia doppia, riesce assai più pronta, quando all' armatura isolata nell' alternazione semplice, e ad ambedue le armature nell' alternazione doppia sono aggiunti de' conduttori molto capaci. Suppongasi infatti che si tratti dell' alternazione doppia, e che sia aggiunto all' armatura A un conduttore a, e all' armatura B un conduttore b. Nel dare elettrico alla A noi abbiamo tre capacità da saturare, cioè: 1.° quella del conduttore a, 2°. quella che l' armatura A avrebbe se fosse una lamina metallica solitaria, 3.° l' aumento di capacità

(*) Su questo argomento, cioè sul caricare a maggior tensione i coibenti armati, erasi già occupato il prof. Cesare Gazzaniga (*Annali delle Scienze*, 1833, p. 316). Il Beccaria praticò esso pure questa doppia alternazione (*Elettric. art.*, p. 80, § 210).

che ottiene essa *A* per avere vicino a sè il sistema *Bb* nel quale l' elettrico rifugge da *B* in *b* a proporzione che noi diamo elettrico alla *A*. E così pure, quando subito dopo noi mettiamo l'armatura *B* in comunicazione col conduttore negativo della macchina, noi veniamo a togliere elettrico a tre capacità: 1.° a quella del conduttore *b*; 2.° a quella che avrebbe l'armatura *B* se fosse solitaria; 3.° all' aumento di capacità che ha luogo nella *B* per la presenza del sistema *Aa*, nel quale accorre elettrico da *a* in *A* a proporzione che se ne va togliendo da *B*. Così vien dato e tolto assai più elettrico in ciascuna alternativa. Suggerisce il Beccaria di mettere in comunicazione con ciascuna armatura prima una persona isolata, poi due, poi tre, ec. con che dee successivamente scemare il numero delle alternative necessarie a compiere la carica (1).

In luogo de' due conduttori *a* e *b* messi in comunicazione colle due armature, potrebbero anche servire due corpi *a* e *b* posti in loro vicinanza e ne' quali potesse avvenire uno smovimento del fluido naturale. Quando in fatti venisse dato nuovo elettrico all'armatura *A*, il rifuggir che farebbe il fluido naturale de' corpi *a* e *b* in quelle loro parti che sono più lontane da *A* permetterebbe che essa *A*, prima di arrivare a una data tensione, venisse a ricevere molto più elettrico che non mancando que' due corpi. E quando si togliesse elettrico alla *B*, il muoversi del fluido naturale di *a* e di *b* verso le parti più vicine a *B* dissimulerebbe in parte la perdita sofferta da essa *B*, e permetterebbe, per quella tensione negativa, una sottrazione maggiore.

1069. *Caricamento per scintille compagne* (2). Si porti l' armatura *A* di un quadro isolato *AB* (fig. 87) a piccola distanza da una palletta metallica procedente dal conduttore positivo della macchina, e si rechi vicino all' altra armatura un'altra simile palletta tenuta colla mano o comunicante col terreno in altro qualsivoglia modo, e poscia si metta in azione la macchina; si vedranno subito balzare contemporaneamente due scintille, una fra la prima palletta e l' armatura *A*, e l'altra fra l'armatura *B* e l'altra

(1) *Elettricismo artificiale*, § 216.

(2) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 78, § 206.

palletta; quindi subito dopo vedrannosi balzare in simil modo altre due scintille; indi altre due ancora; e così per un grandissimo numero, rendendosi però a poco a poco meno frequenti, e in fine, per quelle distanze fra le armature e le pallette, cessando affatto, ma rimettendosi di nuovo all' accorciarsi di tali distanze. Dopo di che, scaricando l' apparecchio o colla mano o coll'eccitatore si potrà averne o una scossa o una fragorosa scintilla, proporzionate al numero e alla grandezza delle scintille state date dal conduttore della macchina all' armatura a lui vicina.

Che le scintille scoccanti fra il detto conduttore e l'armatura ad esso rivolta portino elettrico da quello a questa, è cosa per sè chiara. E che quelle balzanti fra la seconda armatura e il globetto metallico comunicante col terreno portino elettrico da quella a questo, lo si può riconoscere (non potendo l'occhio deciderlo) col ricevere una di siffatte scintille su di un conduttore isolato, e col portar questo accanto ad un elettroscopio elettrizzato in più, nel quale vedrassi aumentare la divergenza.

1070. Tutte queste maniere di caricamento possono praticarsi anche colle bocce di Leida. Quella *per afflusso ed efflusso continuo* si eseguisce col solo tenere in mano la boccia per l' armatura esterna, e coll' avvicinare o applicare il pomo all' uno o all' altro conduttore della macchina, facendo quindi lavorar questa. Essendosi, p. e., applicata la boccia al conduttore positivo, l'elettrico che accorre da questo all'armatura interna, scaccia del fluido naturale dall' armatura esterna, la quale colla sua deficienza va dissimulando la carica interna, e permette che questa s' accumuli qualche centinajo di volte più che quando l' armatura esterna non potesse spogliarsi del fluido naturale attuato.

Per caricare negativamente una boccia mediante il conduttore positivo della macchina, non fa bisogno che di pigliar la boccia per l'uncino e presentarne l'armatura esterna al conduttore della macchina in moto; quindi posar la boccia su d' un isolatore, lasciarne

l'uncino, e impugnarla pel ventre quando la si vuole adoperare.

Agevolissimo è il caricare la boccia colla sua propria elettricità; e chiunque può vederne il modo.

La carica per *alternazione semplice* si dà isolando la boccia e quindi ponendo alternativamente per qualche istante ora l' armatura interna in comunicazione col conduttore positivo della macchina (supposto che si voglia caricarla in più), ed ora l'armatura esterna in comunicazione col terreno. Se a ciascuna delle armature è congiunto un elettrometro, si hanno i fenomeni già notati pel quadro.

Facile è il vedere come si possa eseguire il caricamento per *alternazione doppia.*

Per ottenere più pronta la carica ad alternazione, e specialmente quella ad alternazione doppia, la quale può talvolta riuscire vantaggiosa, atteso l'aumento di tensione che se ne può ottenere, possono mettersi in comunicazione le due armature della boccia che si vuol caricare, colle interne armature di due altre bocce sussidiarie comunicanti esternamente col terreno. Veggasi la fig. 88 dove

Z rappresenta un cono di zolfo o altro isolatore,
T T un sostegno comunicante col terreno,
ab, *cd* due archi metallici,
A la boccia principale che si vuol caricare,
B, *C* le due bocce sussidiarie.

La carica per scintille compagne si ottiene isolando similmente la boccia, mettendo il pomo a piccola distanza da uno de' conduttori della macchina, avvicinando la mano o altro conduttore non isolato all' armatura esterna, e quindi facendo lavorar la macchina.

1071. Le bocce si possono caricare anche senza armatura esterna, o, come dice il Beccaria, *a nudo*, facendo supplire le dita o le mani; e si fa con ciò una sperienza che rende sensibile, come la capacità delle bocce dipenda dall' estensione dell' armatura esterna. Si piglia una boccia mancante dell' armatura esterna, e si carica toccandola ester-

namente con due sole dita, e poi si scarica toccandone l'uncino coll' altra mano; si ricarica toccandola con tre dita, e poi si scarica di nuovo nel modo di poc' anzi; si carica la terza volta toccandola con quattro dita, poi la quarta volta toccandola con tutte e cinque le dita, indi un' altra volta impugnandola con tutta la mano, e in fine un' ultima volta facendola abbracciare da un' altra persona con ambe le mani, e a queste sovrapponendo una delle nostre; e a ciascuna volta sempre la si scarica nel modo già detto. Si trova che queste successive cariche esigono un tempo gradatamente maggiore per arrivare allo stesso grado dell' elettrometro; e dalle rispettive scariche si ottengono scosse anch' esse gradatamente più forti l'una dell' altra (1). Qui la parte della mano che tocca la superficie esterna della boccia, serve evidentemente di armatura esterna.

1072. Possono in fine esse bocce caricarsi anche senza alcuna armatura interna, estraendone solamente l'aria; nel qual caso è il voto, o, per dir meglio, l'aria rarefatta quella che adempie l'ufficio dell' armatura, cioè l'ufficio di portare l'elettricità ai varii punti dell' interna superficie del vetro, la quale, come vedremo più sotto, è la vera sede della carica. All' esterna superficie si può intanto, in luogo d' armatura, applicare la mano, ed anche si può applicare una vera armatura metallica. Può servire per boccia di questa specie una di quelle campane tubulate che si usano in certe sperienze della macchina pneumatica (fig. 89). Dal foro superiore si fa passare la verghetta metallica destinata a introdurre l'elettricità; e la macchina pneumatica, dopo fatto il voto, dev' essere tenuta isolata. Fra le altre particolarità che una siffatta boccia presenta, riesce piacevole nel caricarla la luce che esce dalla verghetta metallica saldata nel collo, e che passa, secondo le dottrine di Franklin, alla superficie interna. Questa sperienza si dee in prima origine a Nollet (2).

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 78, § 205.

(2) Ve n' ha un cenno nella *Histoire de l'Électricité* di Priestley, t. I, p. 178; e se ne trova un' estesa descrizione nell' *Elettricismo artificiale* di Beccaria a pag. 100.

Della misura delle Cariche de' Coibenti armati.

1073. Chiamasi *Carica* di un Coibente armato la quantità d'elettrico che si mostra sovrabbondante ovvero deficiente nella sua armatura isolata; e può perciò essere positiva o negativa secondo ch'ella si riferisce a sovrabbondanza d'elettrico o a mancanza: il tutto come ne' conduttori semplici.

Si può misurare questa carica in più modi, cioè deducendola: 1.° dalla cognizione della capacità e della tensione; 2.° dalla quantità del movimento della macchina nel caricare l'apparecchio; 3.° dal numero delle scintille date dal conduttore della macchina durante il caricamento.

1074. *Misura dedotta dalla Capacità e dalla Tensione.* Come si misuri la capacità d'un coibente armato l'abbiam veduto poco sopra. In quanto alla tensione, si riconosce questa dagli elettrometri messi in comunicazione coll'armatura isolata, ben inteso ch'essi sieno graduati esattamente e collocati a dovere: sulla collocazione si è già fatto cenno a pag. 111; della loro graduazione parleremo nel Capo VIII.

Conosciuta la capacità d'un coibente armato, e la tensione dell'elettricità comunicatagli, se ne ha subito la grandezza della carica, misurandosi questa dal prodotto di cotali due elementi.

È però da osservarsi che due cariche in cui questo prodotto sia lo stesso, ma in una delle quali si abbia molta capacità con poca tensione, e nell'altra in vece abbiasi alta tensione e scarsa capacità, non si comportano egualmente in tutti gli effetti. Per esempio, le scintille sono più lunghe, più luminose e più strepitanti dove prepondera la tensione; e le scosse date alle nostre membra hanno caratteri alquanto differenti

dall'una carica all'altra. Volendo perciò qualificare compiutamente una carica data, e mettere altrui in grado di prevederne gli effetti, non basta enunciare il prodotto di que' due elementi, ma è d'uopo farli conoscere separatamente.

1075. *Misura della Carica dedotta dal movimento della macchina elettrica.* Volendo conoscere la grandezza di una carica senza aver riguardo a' suoi due separati elementi, si ha una maniera pronta, ma alquanto grossolana e utile soltanto in alcuni casi, nell'osservare il numero dei giri fatti dalla macchina che somministra l'elettricità; perciocchè fino ad un certo punto la carica è proporzionale a questo numero. Però una tal regola non può essere di qualche vantaggio se non per chi sappia valersene colle necessarie precauzioni, essendo soggetta a molte cause d'errore, che sono: 1.° la variabilità della forza della macchina; 2.° l'azione dell'aria della camera, la quale aria rendendosi elettrizzata tende a indebolire l'effetto della macchina medesima; 3.° la reazione del coibente armato, il quale a proporzione che si va caricando, resiste con forza gradatamente maggiore all'elettricità somministrata dalla detta macchina; 4.° il disperdimento dell'elettricità sofferto da esso coibente armato. In generale questo metodo può servire solamente a paragonar delle cariche di poca tensione e date da una stessa macchina a poca distanza di tempo.

1076. *Misura della Carica dal numero delle scintille comunicate.* A quest'uopo giova l'uso di uno spinterometro ove le scintille scocchino fra due palle entrambe isolate (fig. 90): Si mette in comunicazione una di queste palle col conduttore della macchina, e l'altra coll'armatura isolata del coibente, e fatta muovere la macchina si numerano le scintille. Queste, supposto uniforme il moto della macchina, sono dapprincipio frequenti, e si fanno poscia gradatamente più rare; però, a mio giudizio, elle seguitano a co-

municare al coibente armato sempre uguali quantità di elettricità Perocchè se essendo esso coibente ancora scarico basta, p. e., la tensione di 10° a far che il conduttore dia una scintilla portante la quantità 10 di elettrico; salito che sia esso coibente alla tensione 5°, ci vorrà nel detto conduttore una tensione di 15°, perchè esso dia un' altra scintilla, dovendo in questo secondo caso esser vinta non solo la resistenza dell' aria interposta, ma eziandio la reazione dell' elettricità già comunicata; e con questa scintilla non verranno comunicate che 10 parti d' elettrico come poc' anzi, venendo le altre 5 che il conduttore tenderebbe a dare, impedite e in certo modo rifiutate per una tale reazione della carica già comunicata.

Con questo metodo viene misurata l'*elettricità comunicata*. Però non è da valersi di esso che per le tensioni deboli e in operazioni eseguite con prontezza: in caso diverso, come vedremo fra poco, la detta elettricità comunicata parte si *disperde* e parte si *occulta*, tutto a spese della parte che si conserva *sensibile*, che è quella in cui propriamente consiste la carica.

Limiti delle Cariche de' Coibenti armati.

1077. Per quanto si continui a far lavorare la macchina, non può la carica di un dato coibente armato passare oltre a certi limiti; ma in generale ella si trattiene ad un punto or più or meno elevato; e in alcuni casi, arrivata che sia a un certo grado, ella viene istantaneamente distrutta.

Quattro cause impediscono il progredimento delle cariche, cioè:

1.° La dissipazione dell' elettricità pel contatto dell' aria;

2.° Il trascorrimento dell' elettricità medesima sulla parte non armata della superficie del coibente;

3.° La scarica spontanea superficiale;

4.° La rottura della lastra coibente.

Di queste cause le prime due operano congiuntamente, disperdendo l'elettricità a proporzione che questa viene comunicata, e trattenendo con ciò a un certo punto l'ingrandimento della carica; le altre due operano separatamente, cioè or l'una ed or l'altra, e distruggono in un istante tutta la carica quando sia troppo cresciuta. Noi ci occuperemo più estesamente intorno ad esse ne' Capitoli del *Moto dell'Elettrico;* qui ne toccheremo solo quel tanto che sarà d'uopo pel presente oggetto.

1078. *Dissipazione nell'aria.* Appena che siasi comunicata un po' d'elettricità o positiva o negativa all'armatura isolata di un coibente armato, subito una tale armatura fa parte di questa sua elettricità all'aria che si trova in contatto. E questa comunicazione al crescere della tensione si rende mano mano più abbondante; e in fine divien copiosissima, operandosi per mezzo di sprizzi visibili nell'oscurità, con un particolare strepito o sibilo.

1079. *Trascorrimento sulla superficie nuda del Coibente.* Dopo che l'armatura isolata del coibente armato ha ricevuto un po' d'elettrico sovrabbondante, tende questo immediatamente a diffondersi sullo spazio nudo contiguo alla detta armatura; la quale diffusione, allorquando la tensione è ancora assai piccola, viene impedita dalla facoltà coibente di cotale superficie nuda; ma aumentandosi la tensione l'impedimento vien superato, e comincia l'elettrico a stracipar fuori, prima per poco spazio e poi gradatamente per uno spazio maggiore, giungendo in fine all'armatura opposta o ad altro conduttore che lo guidi al terreno; e questo passaggio al terreno dapprima è lento, ma si accelera coll'innalzarsi vieppiù la tensione, in maniera da potere in fine far perdere di mano in mano, fra esso e la comunicazione all'aria, tutto

l'elettrico che si prosegue a comunicare. Un siffatto trascorrimento poi si effettua in molti casi senza strepito nè luce, p. e. allorquando la superficie è leggiermente umida; ma talora è accompagnato da certe scintillette e da certo scoppiettio, che coll' aumentarsi della tensione si fanno più forti, e possono finire con una *scarica spontanea*.

Se la carica è negativa, succede collo stesso andamento una sottrazione d'elettrico alle parti nude circondanti l'armatura, sottrazione che si propaga mano mano sino alla comunicazione col terreno.

1080. Intanto che l'elettricità va in queste due maniere disperdendosi, sorge altresì per parte dell'armatura carica una reazione contro la macchina, opponendo quest'armatura una difficoltà sempre crescente al ricevere nuovo elettrico se la carica è in più, o al darne se ella è in meno. Al che s'aggiunge che nelle tensioni molto elevate la macchina divien meno efficace sì per le molte dispersioni a cui è allora soggetta la sua elettricità, e sì pel minore sviluppo d'elettrico nello strofinamento fra i cuscinetti e il disco.

Segue da tutto questo che in sino a tanto che la tensione è debole, è più l'elettricità che viene somministrata dalla macchina che non quella che si va intanto perdendo per la detta doppia dissipazione. Ma giunta la tensione a certo punto, seppure non succede prima o scarica spontanea o rottura del vetro, la perdita giunge ad eguagliare l'acquisto, e la carica non può progredire più oltre, come vien mostrato dal ridursi immobile l'elettrometro. Si può andare più innanzi movendo la macchina più velocemente, o adoperandone un'altra migliore; ma anche in ciò v'ha un limite, che è quando l'elettricità comincia a disperdersi col mezzo di sprizzi, non giovando, al di là di questo punto, nè una maggiore velocità nè una maggiore attività della macchina.

1081. Il limite a cui la carica si trattiene in con-

seguenza di queste prime due cause di perdita, può variare per più circostanze, cioè:

1.ª Per la diversa attività della macchina, e per la diversa velocità con cui è mossa; però in sino a che l'elettricità non isprizzi con sibilo e luce.

2.ª Pel buono o cattivo isolamento dell' armatura che riceve la carica. In un quadro, perchè sia buono un tale isolamento, giova che sia largo lo spazio nudo che si lascia d'intorno alla detta armatura, e che questo spazio sia bene inverniciato e bene asciutto; con che la via che l'elettrico deve percorrere per isfuggire trascorrendo sulla superficie nuda, diviene *lunga* e *poco conduttrice*: circostanze entrambe sfavorevoli a cotale sfuggimento. Però ne' quadri questa via è sempre assai ampia, atteso il molto perimetro della suddetta armatura isolata. Sono in miglior condizione le bocce di Leida, nelle quali il detto trascorrimento si effettua sull'esterna superficie del collo, la cui periferia, non mai molto grande, misura l'ampiezza della detta via.

3.ª Per l'estensione e la forma di quella parte dell'armatura isolata, la quale si trova esposta all'aria. Quanto più questa parte è piccola, e mancante di punte e di parti sporgenti, tanto più difficilmente ella cede la sua elettricità all'aria.

Per questa ragione le armature isolate de' quadri debbono avere gli angoli ritondati: a conoscere quanta elettricità sfugga da questi angoli se sono acuti, basta caricare i quadri nell'oscurità. Per la stessa ragione le bocce non debbono avere uncini troppo lunghi e troppo sottili, nè pallette troppo piccole.

Dannose in singolar modo poi sono le punte, come si è detto più volte; perocchè appena che la tensione sia un po' elevata, l'elettricità sprizza da esse copiosamente, nè può aversi ulteriore innalzamento di tensione anche da una macchina attivissima.

4.ª Per lo stato dell'atmosfera. Quanto più l'aria è

umida tanto minor carica si può ottenere, sia per l'imperfezione degli isolamenti, sia per la maggior facoltà conduttrice dell'aria medesima, e sia ancora per la minore efficacia delle macchine.

Ommetto qui di parlare del lento passaggio dell'elettricità attraverso ai coibenti, il quale potrebbe essere una terza causa operante congiuntamente colla dissipazione nell'aria e col trascorrimento superficiale. Perocchè un tale passaggio non ha luogo ne' buoni vetri di cui si fa uso in cotali apparecchi, seppure non vengono scaldati.

1082. *Scarica spontanea.* Quando un coibente armato, ad onta delle dispersioni di cui abbiamo or ora parlato, ha potuto salire ad alta tensione, e non è molto grande l'intervallo nudo frapposto alle due armature, succede molte volte in questa parte non armata un celere trascorrimento di fluido elettrico accompagnato da luce e da forte strepito, mediante il quale il coibente si scarica per intero. Chiamasi questo la *Scarica spontanea*; ed è un caso particolare delle *Scintille sulla superficie de' solidi*, delle quali parleremo più innanzi ne' Capitoli del *Moto dell' Elettrico.*

Può succedere questa scarica spontanea anche mentre il coibente armato è lasciato carico a sè stesso; al quale pericolo, secondo Priestley, sono le giare esposte specialmente un mezzo minuto o un minuto dopo ritirate dal conduttore della macchina (*).

A rimuovere l'inconveniente di questa scarica giova che sia lunga nelle bocce, come abbiamo già suggerito, la parte nuda del collo, e largo ne' quadri l'intervallo similmente nudo all'intorno dell'armatura isolata.

1083. *Rottura de' vetri.* Quando si continua lungamente a caricare un vetro armato, essendo ottime

(*) Priestley, *Histoire de l'Électricité*, T. III, p. 115.

le circostanze atmosferiche, ottimo l'isolamento e buona la macchina, viene esso finalmente a rompersi o traforarsi: si forma cioè attraverso alla sua grossezza un piccolissimo forellino, non più grande in diametro di un capello, da cui ordinariamente si diramano delle estese fessure, e pel quale trapassa tutta la carica dall'una armatura all'altra. Questo accidente nelle comuni bocce suole avvenire al di là del 60° o 70° del quadrante elettrometro. A me però sonosi rotte più volte delle bocce con cariche che arrivavano appena a 20° ossia alla distanza esplosiva di 2 linee; erano però esse bocce di un vetro assai sottile, cioè fatte con ampolle da speziale. E tale spezzamento spesse volte succede dopo un tempo notabile dacchè il vetro è carico; talchè nel caricarlo potrà resistere a una tensione di 60° o 70°, laddove lasciato a sè potrà rompersi qualche ora dopo, non avendo più che una tensione di 30° o di 40°. In generale i vetri sottili si rompono a più basse tensioni che i grossi: siccome però i sottili a pari tensione ed estensione armata hanno anche una carica maggiore, così non è ben certo se essi si rompano a carica minore o no che quei grossi.

Quando il bucolino è solitario, è assai difficile il trovarlo col solo ajuto dell'occhio; però nelle bocce riempiute d'acqua lo si può agevolmente rinvenire collo svestirle esternamente, e coll'aspirare dalla loro bocca l'aria contenutavi, entrando con ciò dal bucolino una serie di bollicine aeree che fanno conoscere il luogo. Considerandolo allora diligentemente, si trova per lo più che il vetro ha ivi qualche irregolarità o nodo, formato verisimilmente da sostanza straniera più conduttrice.

In questo traforamento ha grandissima parte la natura del coibente. Vi sono certi vetri anche sottili, ma di una pasta ben purgata ed uniforme, i quali resistono ottimamente alle alte cariche senza romper-

si. E all' incontro ve n' hanno delle cattive qualità, le quali lasciano passare l' elettricità attraverso alla loro grossezza anche non rompendosi. Fra le altre sostanze ve ne sono alcune, qual sarebbe lo zolfo, nelle quali alle troppo grandi cariche l' elettrico si apre un passaggio, facendovi molte piccole fenditure (1); alcune, quali sarebbero certe lamine di legno secco armate, si lasciano attraversare dall' elettricità con uno strepito repentino simile a quello d' una scarica spontanea, ma senza rompersi; altre, p. e. le lamine armate di cartone, lasciano passare l' elettricità medesima con tanti piccoli scoppietti (2); altre in fine la lasciano passare in silenzio. Le lamine di mica hanno il pregio di resistere fortemente al passaggio dell' elettricità senza lasciarsi nè traforare, nè attraversare in silenzio (3).

1084. I vetri spezzati sono inservibili per usi ulteriori, lasciandosi agevolissimamente attraversare dall' elettricità. Quando nulladimeno la rottura non consiste che in un angusto foro senza che da esso si diramino estese screpolature, si possono ancora raggiustare. Si sveste a quest' uopo il vetro dalle sue armature nel luogo del foro, e se è una boccia basta svestirla di parte della sua armatura esterna; e quindi si intonaca il bucolino al di sopra e all' intorno con un grosso strato di gomma lacca, non rimettendo poi ivi nessuna armatura.

È però utile l' antivenire un cotale accidente, il che si ottiene col non caricare eccessivamente i vetri armati. E per maggiore sicurezza di non dare troppa carica può servire nelle bocce l'artificio indicato dalla fig. 91, nella quale BC è un filo metallico attaccato a un anello AB che cinge il ventre della boccia nella parte armata, il qual filo termina superiormente in una pal-

(1) Pouillet, *Élémens de Physique*, T. I, part. II, p. 586.
(2) Volta, *Collezione*, t. I, part. I, p. 67.
(3) Singer, *Elementi di Fisica e Chimica elettrica*, p. 80.

letta *C* collocata alla distanza di cinque o sei linee dal bottone che sorge dal collo. Con ciò s'impedisce che la carica giunga a spezzare il vetro, giacchè arrivata ch'ella sia a un certo punto, salta una scintilla fra il bottone *D* e la palletta *C* producendo la scarica.

Dispersione delle Cariche.

1085. Lasciato a sè un vetro armato, sia che lo si abbia portato alla massima tensione possibile, sia che per prudenza gli si abbia data una carica minore, mostra egli subito un graduato abbassamento di tensione, dapprima assai rapido, e in seguito mano mano più lento, ma che non cessa sino a che la tensione siasi ridotta affatto insensibile. A questa graduata diminuzione cooperano due cagioni assai diverse, cioè un'effettiva *dispersione* della carica, e un *occultamento* di parte di essa.

Cominciando dalla *dispersione*, avviene questa per le medesime due cause che trattengono a un certo limite il progredimento delle cariche, cioè per una comunicazione all'aria, e per un trascorrimento superficiale, le quali cause continuano ad operare anche dopo finito di caricare il coibente armato. Per conseguenza essa dispersione è assai più pronta ne' quadri frankliniani che nelle bocce; e quantunque in quelli colle pratiche già insegnate venga essa notabilmente diminuita, contuttociò un quadro caricato anche fortemente, dopo pochi minuti, seppure il tempo non sia secchissimo, non ha più che una carica assai debole.

All' incontro le bocce ben costrutte conservano le cariche anche molte ore senza notabile indebolimento, trattone il caso che la stagione sia molto umida. Alla quale conservazione giova che esse abbiano lungo collo, poco grosso e bene inverniciato, avvertendo di tenerlo ben asciutto e ben pulito dalla polvere, e di

non maneggiarlo colle mani nell'usare la boccia per non lordarlo. Colle quali avvertenze una boccia di discreta grandezza può in un tempo secco avere ancora dopo più giorni una carica bastevole a dare la scossa.

1086. Cavallo immaginò una maniera di boccia, la quale può conservare la carica anche per più settimane. Ecco in qual modo viene essa descritta da Singer (*). Si piglia una boccia armata esternamente come all'ordinario e col collo alquanto sottile (fig. 92). Entro a questo si introduce e si salda con mastice un tubo di vetro che scenda sino al fondo della boccia, e che per tutta la metà inferiore e anche un poco più in su sia internamente rivestito con foglia di stagno la quale comunichi coll'armatura interna (la metà superiore dell'interna superficie di questo tubo è utile inverniciarla). Superiormente questo tubo si fa sporgere per circa un polliee fuori del collo e si chiude all'estremità con un cappelletto metallico emisferico, avendovi previamente introdotto un filo di rame piuttosto grosso rotondato alle due estremità, appena più lungo della metà del tubo e scorrevole al lungo di questo.

Rovesciata la boccia col cappelletto all'ingiù, il filo di rame scende a trovare il detto cappelletto e a farlo comunicare coll'armatura interna, e la boccia si può caricare. Rimettendo la boccia nella posizione naturale, il filo torna a portarsi nella parte inferiore del tubo, il cappelletto rimane separato per lungo tratto dalla comunicazione coll'armatura interna, e l'elettricità non può uscire che lentissimamente scorrendo lungo l'interna superficie del vetro o passando attraverso al mastice, e quindi la boccia può serbare la carica per un tempo assai lungo: essa può anche essere tenuta in saccoccia bella e carica e portata

(*) *Elementi di Fisica e Chimica elettrica*, p. 86.

così da un luogo all' altro. Volendola poi scaricare non si fa altro che rivolgerla di nuovo col cappelletto all' ingiù, per fargli venire a contatto il filo metallico contenuto nel tubo.

Cavallo tenne una di siffatte bocce carica per sei intere settimane, e probabilmente l'avrebbe potuta tenere per più lungo tempo se l'avesse provato (*). Servivagli questa invenzione nelle sue sperienze sull' elettricità atmosferica notturna, la quale egli raccoglieva con un cervo volante dall'aria ne' luoghi aperti entro una di tali bocce, e con questa la riportava a casa per esplorarne la specie e la forza a suo comodo.

Occultamento delle Cariche.

1087. Anche senza abbandonare il coibente armato o passare dall' una armatura all'altra, può l' elettricità scemare di tensione sino ad un certo punto. Una boccia che sia pure ottimamente isolata, come sarebbe una di quelle costrutte al modo di Cavallo, se venga caricata in sino a qualche grado di cui si tenga nota, e quindi lasciata a sè per una mezz' ora, soffrirà, in tempo anche asciuttissimo, una diminuzione tale, che decrescendo uniformemente di quel passo una sola giornata, non riterrebbe più carica sensibile. Pochissima elettricità esce in questo caso dalla boccia; il più di essa scompare soltanto apparentemente, o come diciamo, si *occulta;* in fatti tolta da essa boccia quella carica che ancora appare, mediante una perfetta ma poco durevole comunicazione delle due opposte armature, dopo non molto tempo vi ricompare di nuovo dell'elettricità, la quale è appunto di quella che si era occultata.

Trae origine questo occultamento da tre cagioni, che sono:

(*) *Trattato completo* ec., p. 432.

1.ª La diffusione superficiale dell'elettricità sulle parti del vetro non armate, all'intorno dell'armatura isolata;

2.ª Il ravvicinamento delle elettricità contrarie;

3.ª L'accresciuto spostamento dell'elettricità nelle molecole del vetro.

Esaminiamole tutte e tre partitamente.

1088. *Diffusione superficiale dell'elettricità.* Abbiasi primieramente un quadro frankliniano ove al solito sia isolata l'armatura minore, e supponiamo ch'esso venga caricato in più. Tostochè la tensione si sarà un po' innalzata, una parte dell'elettrico comunicato si diffonderà sulla contigua non armata superficie del vetro, più presto e più facilmente se questa superficie non è inverniciata, più tardo e con maggiore difficoltà se v'è data vernice. E appena incominciata questa diffusione, subito nell'altra faccia del vetro, la quale nei punti ivi contrapposti si suppone ancora armata, sfuggirà quasi altrettanto elettrico naturale, facendo abbassare la tensione di quello diffusosi, e permettendo un facile diffondimento ad altro fluido proveniente dalla stessa armatura isolata. E così andrà mano mano uscendo da questa nuovo elettrico e allargandosi all'intorno, con densità gradatamente decrescente ne' punti più e più lontani da essa armatura. E questa diffusione continuerà anche dopo finito il caricamento, facendo abbassar la tensione del quadro, precisamente come se si allargasse l'armatura isolata. Ed ecco un *occultamento* senza perdita di elettricità. Quando però l'elettricità diffondentesi avrà raggiunto il telajo del quadro o qualche altro conduttore che la guidi al suolo o all'armatura opposta, allora non vi sarà più occultamento ma effettiva dispersione.

Una tale diffusione è più pronta in tutto quello spazio d'intorno all'armatura isolata, al quale sull'altra faccia del vetro sta contrapposta l'armatura non isolata, attesa la perdita quasi totale di tensione del-

l' elettrico diffusosi, e il non opporsi di esso al diffondimento d'altro fluido dopo di lui. Si effettua però essa diffusione anche oltre i confini dell' armatura non isolata, specialmente se intorno a questa il vetro non è inverniciato, o ha contigui de' corpi estranei atti ad ajutare lo sfuggimento del fluido naturale di questa faccia, od è coperto di peli depostisi che servano di punte disperdenti.

Sarà poi più facile cotal diffusione se anche intorno all' armatura isolata il vetro non sarà inverniciato, se la stagione sarà umida, se la carica sarà forte.

1089. Venga ora il quadro ad esser caricato in meno. In questo caso dopo che l' armatura isolata avrà incominciato a divenir deficiente, attirerà essa elettrico da ogni corpo vicino, e in ispecie dai primi punti della circostante superficie non armata del vetro medesimo; i quali punti, cresciuta che sia abbastanza la tensione negativa, daranno effettivamente del proprio fluido naturale a cotale armatura, pigliandone essi in compenso da altri punti più lontani della medesima superficie non armata, e questi da altri, e così fin dove la forza è bastevole a staccare il detto fluido naturale. A questo modo si stabilisce e si propaga sulla detta parte di superficie una elettricità negativa di un' intensità che successivamente decresce coll' allontanamento da essa armatura isolata; e ciò non solo mentre si sta caricando il quadro, ma anche dopo che è lasciato bello e carico a sè. Questa deficienza però, di mano in mano che si va stabilendo, viene dissimulata dal fluido affluente all' armatura opposta; il che permette ai suddetti circostanti punti elettrizzati in meno di cedere una maggior copia d' elettrico alla detta armatura isolata, non parendo essi impoveriti quanto il sono realmente. A questo modo la deficienza operatasi nel quadro si ripartisce su maggior superficie, e la tensione negativa decresce.

E anche qui, a rendere più o meno pronta la dif-

fusione di questa elettricità negativa, concorrono le medesime circostanze già notate per l'elettricità positiva.

1090. Le bocce quando hanno l'armatura interna minore dell'esterna si comportano appuntino come i quadri. Sovente però la loro armatura interna si estende a maggiore altezza che non l'esterna, come p. e. quando esse bocce sono piene di acqua. Ora ecco in qual modo diffondesi in questo caso l'elettricità positiva.

Sia la boccia *ABCD* (fig. 93) armata esternamente sino in *AB* e internamente sino in *gh*. Lavorando la macchina, caricasi positivamente tutta quanta la sua superficie interna, addensandosi assai fortemente l'elettrico ne' punti sottoposti all'esterna armatura *ABCD*, e molto men fortemente nella parte *ABgh* del collo ma nulladimeno alla stessa tensione. E durante un tale caricamento, ed anche dopo, rimane attuata nell'esterna superficie della parte *ABgh* una porzione di fluido naturale la quale tende continuamente a diffondersi o nell'aria o ne' corpi che capitano a contatto o dovunque possa; ed effettivamente ne sfugge del continuo specialmente col favore de' peli galleggianti nell'aria e qui attratti e facenti l'ufficio di punte acute; e sopra tutto ne perdono i punti più vicini all'armatura *ABCD*, quali sono *m*, *n*, ec., i quali, oltre al cedere elettrico all'aria, ne danno eziandio a siffatta armatura; accolgono altresì essi punti *m*, *n* dell'elettrico che questa attuazione spinge via da altri punti più lontani, e questi fanno lo stesso con altri punti più lontani ancora, e così di seguito, in copia però successivamente decrescente. Intanto ne' punti interni contrapposti, scematavi la tensione pel detto sfuggimento, accorre altro fluido o proveniente dalla macchina, se questa è ancora in azione, o in diverso caso da tutte le altre parti della superficie interna della boccia, nel quale ultimo caso la tensione della boccia diminuisce.

Caricandosi la boccia in meno, perdono una grande quantità d' elettrico que' punti della superficie interna che sono contrapposti all'armatura esterna, e una quantità minore gli altri, in modo tale che dappertutto si abbia la medesima tensione negativa. E all' esterno, nella parte armata ove ha potuto accorrere sufficiente quantità di elettrico, la deficienza interna non traspariscè, rimanendo dissimulata; ma nella parte non armata si manifesta per attuazione, in grazia della detta deficienza interna, una tensione negativa e un' attrazione verso il fluido naturale di tutti i corpi circostanti. In forza della quale attrazione i punti *m*, *n*, ec., menzionati precedentemente, tolgono un po' d' elettrico alla vicina armatura esterna, la quale però si compensa subito con altrettanto fluido chiamato dal terreno; essi punti *m*, *n* poi cedono una parte di fluido ad altri punti più lontani, i quali lo attraggono essi pure per la medesima causa; e questi ne cedono ai seguenti, ec., ma con legge decrescente. E così anche sulla parte non armata della superficie esterna va diffondendosi elettrico ed estinguendosi la già detta tensione negativa di attuazione; al che coopera altresì l'aria contigua, cedendo del proprio fluido naturale specialmente per mezzo de' peli depostisi. Intanto da' punti interni contrapposti, scematavisi la tensione negativa per quell' accorrimento esteriore, sfugge quasi altrettanto elettrico come quello accorso all' esterno, chiamato dallo stato negativo delle altre parti interne, in guisa da venir ridotta uniforme quella interna tensione negativa. E così la deficienza che prima era quasi interamente limitata ai punti contrapposti all' armatura esterna, si va estendendo in ispazio maggiore; il che dopo fermata la macchina fa diminuir la tensione.

1091. Una bella osservazione ha fatto Priestley intorno a questi movimenti dell' elettricità sulla parte non armata dell' esterna superficie delle bocce. Vestiva

egli all' altezza di un pollice e un quarto partendo dal fondo, una giara di vetro turchino alta sette pollici e mezzo e larga due pollici e mezzo, e quindi la caricava. E a proporzione che s' inoltrava la carica, cominciavano a scagliarsi delle scintille da luoghi del vetro nudo vicini all' armatura (il vetro non era inverniciato); indi a grado a grado se ne spiccavano da punti più alti, in forma di rami successivamente più estesi; e finalmente ne partivano fin dall' interno della giara, scorrendo per tutta la esteriore nuda faccia fino all' armatura; e con ciò la giara si scaricava. Si scaricava pur anche dopo ridotta l' armatura alla sola altezza di mezzo pollice; e un' altra giara somigliante piena di limatura di rame si scaricava senza altra esterna armatura che una catenella di rame posta sul tavolino e avvolta intorno al fondo (*).

Questo fenomeno, come avverte il Beccaria, non differisce che per la sua maggior grandezza, in grazia della qualità del vetro, dal fenomeno ordinario che si osserva nel caricar le bocce a vetro non inverniciato e di superficie non così deferente come quello usato da Priestley. Caricandosi una di tali bocce, p. e. in più, presto cominciano a stridere delle piccole scintillette dai punti nudi vicini all' armatura, le quali vanno di poi mano mano ingrossando e scoppiando alla distanza di mezzo pollice, di un pollice, d' un pollice e mezzo e di due o ancor più; ma non perciò succede la scarica, stantechè il vetro buono e che sia pulito ed asciutto, non le può condurre da distanza maggiore. Al qual fine, cioè a impedir meglio la scarica spontanea, il Beccaria usava bocce di collo lungo, e le vestiva esternamente, come ora si usa da tutti, di uno strato di mastice, la cui superficie è men defe-

(*) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, pag. 113; Priestley, *Histoire de l'Électricité*, tom. III, p. 304 e 305.

rente. del vetro, e la cui grossezza ammorza la interiore ripulsione che scaglia le scintille dalla esterna faccia non armata.

1092. A questa diffusione dell'elettricità sulla parte non armata della superficie de' coibenti è da riferirsi il caso che l'una armatura o l'altra ovvero entrambe lascino nella loro estensione un qualche luogo scoperto: ivi sulle prime l'elettricità non si diffonde, ma poi vi passa a poco a poco dopo alquanto cresciuta la carica e dopo compiuta. Il che pure dee produrre una successiva diminuzione di tensione.

1093. *Ravvicinamento delle due contrarie elettricità.* Le armature che si applicano al vetro rimangono ordinariamente da lui separate per mezzo di qualche sottile strato poco conduttore, p. e. da colla, da vernice resinosa, talvolta anche da carta (*). In questi casi, mentre s'incomincia a caricare il vetro, le due contrarie elettricità rimangono a qualche piccola distanza dalla superficie del vetro medesimo, trattenendosi specialmente sulle superficie interne delle armature metalliche: veggasi la fig. 94, dove *MN* è il vetro, *A* e *B* sono le due armature, e gli spazii punteggiati rappresentano i due strati poco conduttori, frapposti anch'essi in sul principio alle due contrarie elettricità. A poco a poco però, sì durante il caricamento che dopo, queste elettricità contrarie vanno ravvicinandosi, e portandosi sino al contatto del vetro, e fors'anche comunicandosi alle molecole più superficiali di esso: il che per riguardo all'elettricità è lo stesso come se il coibente divenisse più sottile; e perciò si avrà diminuzione di tensione.

Ma in qual modo e per quali forze si effettuerà questo ravvicinamento? Supposto che siasi elettrizzata l'armatura *A* in più, essendo la *B* in comunicazione col terreno, comincerà a sfuggire da quest'ultima una

(*) Singer, *Elementi di Fisica e Chimica elettrica*, p. 106.

quantità di fluido naturale poco minore di quella comunicatasi ad *A*. Dopo ciò il fluido naturale delle molecole semicoibenti interposte fra le armature e il vetro sarà vivamente sollecitato, sì dalla ripulsione del fluido eccedente in *A* come dall' attrazione della materia deficiente in *B*, a muoversi nella direzione da *A* a *B*, e anche il fluido eccedente in *A* sarà attratto dalla materia deficiente in *B*. Avverrà quindi che a poco a poco, tanto dalla *A* quanto dalle molecole dello strato interposto fra *A* e il vetro, partirà dell'elettrico movendosi verso il vetro medesimo; e seguiterà a partirne fino a che quasi tutta la parte sovrabbondante siasi stabilita accanto ad esso vetro, e forse altresì nelle di lui più superficiali molecole, non rimanendone indietro che una piccola porzione, la quale, trovandosi in sul fine assaissimo indebolite le forze sollecitanti, non sarà più capace di attraversare lo strato semicoibente. Dalla banda opposta le medesime forze smoveranno via dell' elettrico dalle molecole dell'altro strato semicoibente e fors' anche dalle più superficiali parti del vetro, e lo manderanno a compensare il difetto dell'armatura *B*, continuando in sino a che siasi stabilita accanto al vetro una deficienza prossimamente tale qual è voluta dall'azione attuante dell'elettricità positiva esistente dalla prima banda; una piccola parte però d'elettrico tralascerà di partire, trovando difficoltà ad attraversare lo strato semicoibente, in forza di che rimarrà in *A* un po' di deficienza.

Quando in luogo di una lamina di vetro venisse armato ed elettrizzato un coibente men perfetto, p. e. una lastra d'un mastice alquanto molle, le due elettricità non si fermerebbero alle due opposte superficie del medesimo, ma vi penetrerebbero alcun poco; il che sarebbe un'altra cagione di vicendevole avvicinamento e di diminuzione di tensione.

Allorquando l'armatura interna delle bocce consta

o di limatura d' ottone incollatavi o di limatura di ferro versatavi, in genere di pezzi metallici staccati, avviene in sulle prime che l'elettricità interna si dispone sulle superficie di cotali pezzi, rimanendo perciò quasi tutta a qualche distanza dal vetro; gli si va però a poco a poco avvicinando ed applicando, il che pure fa che la tensione si abbassi.

1094. *Accresciuto spostamento dell'elettricità nelle molecole coibenti.* Procuriamoci una boccia il cui ventre sia d' un vetro assai sottile, e il cui collo sia in vece di grosse pareti ma di sottile cavità interna, somigliando così questo collo a un tubo da termometro, e avendo perciò per l'elettrico una capacità piccolissima a paragone del ventre. Inverniciata bene la esterna superficie del detto collo, riempiamo cotal boccia di acqua, e immergiamone sott' acqua tutto il ventre, ponendolo, p. e., entro un opportuno recipiente di latta munito di coperchio, quale è indicato dalla fig. 95 (*). Noi avremo con ciò una boccia ad *armature d'acqua*, nella quale non potrà aver luogo nè una sensibile diffusione di elettricità su maggiore estensione superficiale, e nemmeno un maggiore ravvicinamento delle elettricità contrarie, disponendosi queste fin dapprincipio a vero contatto del vetro. Caricata nulladimeno una cotal boccia ed esploratane di poi la tensione a varii intervalli di tempo, si trova in questa tensione una graduata e sensibilissima diminuzione; la quale non può d'altronde attribuirsi a dissipazione di elettricità, avvenendo anche in stagioni secchis-

(*) Questa maniera di armar le bocce fu primieramente immaginata da Wilson nel 1746, pochi mesi dopo scoperta la boccia di Leida. Egli usava l'acqua interna un po' più calda dell'esterna (Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 171), senza dubbio per tenere ben secca la parte più elevata dell'esterna superficie del collo, la qual parte sopravanzava di alcuni pollici dall'acqua esterna, ma meno, a quel che pare, dall'interna, e non era inverniciata.

sime e in bocce attissime alla conservazione di essa elettricità. Oltre a che scaricata una tal boccia e lasciatala quindi a sè, vi si vede a poco a poco risorgere un residuo. Il che tutto mostra che quella diminuzione di tensione nasceva non già da perdita ma da occultamento della carica.

Ora un tale occultamento io nol posso attribuire, come fanno alcuni fisici, a una penetrazione delle due opposte elettricità nel vetro; perocchè, come ho già detto a pag. 226, se l'elettricità potesse penetrare sì agevolmente per una sensibile porzione della grossezza del vetro, cioè per 1/8 di questa grossezza, per 1/6 ed anche per 1/4 da ciascuna banda, come converrebbe supporre per dar ragione dell'occultamento d'un quarto, d'un terzo ed anche d'una metà della tensione primitiva, non potrebbe poi l'elettricità suddetta conservarsi per mesi ed anni ne' vetri chiusi, secondochè abbiamo già detto poter ella fare. Nè si può dire che questa lunga conservazione abbia luogo soltanto nelle cariche deboli, e sieno le sole forti quelle che penetrano il vetro. Percciocchè, secondo Priestley, si possono conservare nel vetro chiuso anche delle cariche forti (*); e all'incontro l'oc-

(*) Ecco per disteso la sperienza fatta da Priestley. Caricò egli per la metà della sua lunghezza un tubo di vetro lungo tre piedi (questo tubo sarà stato chiuso dall'una estremità e aperto dall'altra; e per caricarlo, Priestley lo avrà involto per metà lunghezza, dalla banda chiusa, in una foglia metallica, e nell'interno vi avrà introdotto qualche altra foglia metallica ovvero de' minuzzoli metallici, e dopo caricato ne avrà ritolte ambe le armature, guardando di non toccarle entrambe contemporaneamente, per non ritogliere anche la carica); e di poi lo chiuse ermeticamente (col fonderlo cioè nell'estremità aperta), e il tenne chiuso per nove interi mesi. Mentre stava chiuso non manifestava esso in nessuna guisa la sua interna elettricità nè scaldato nè lasciato raffreddare; e strofinato si elettrizzava nel modo di qualsivoglia altro tubo di vetro, sì nella metà stata caricata come nell'altra. Apertolo dopo questo tempo, e versati in esso de' pallini di piombo, Priestley vi trovò an-

cultamento di cui si tratta avviene eziandio nelle cariche debolissime: per esempio, in una mia boccia ad armature d'acqua mantenuta carica per alcuni giorni a soli 5° d'un elettrometro a pagliette e quindi scaricata, ricomparve un residuo di 1° ½.

Io attribuisco il fenomeno a una lenta continuazione dello smovimento dell'elettrico nelle molecole de' coibenti, dopo lo smovimento grande e prontissimo che ha luogo in sul principio mentre cotali coibenti si caricano e che è causa della loro grande capacità.

1095. Questa terza maniera di occultamento va progressivamente aumentandosi col tempo a somiglianza delle altre due maniere. Caricata insino a 10° d'un elettrometro a pagliette una boccia ad armature d'acqua che disperda difficilmente l'elettricità, cadrà la tensione in un giorno, p. e., sino a 6°, in un altro giorno scenderà a 5°; indi in due o tre giorni verrà a 4° ½; e a lungo andare (prescindendo dalla dissipazione) toccherà anche i 4°. Io crederei però che questo decadimento non dovrebbe arrivare oltre a un certo limite, parendomi che le molecole del vetro debbano resistere a questo smovimento con una forza gradatamente crescente, e finalmente fermarlo, e tendere anzi a rimettere l'elettrico nella propria sede quando cessi la causa che lo sposta.

Molte belle osservazioni potranno fare i fisici su questa maniera d'occultamento, cioè sulla varia prontezza colla quale esso si effettua secondo le diverse grandezze della carica, secondo la grossezza del vetro e secondo la natura di questo; come pure sul limite a cui pare che esso occultamento si debba arrestare.

1096. *Osservazione*. La quantità totale dell'elettri-

cora un'abbondante carica, avendone ottenuta una scossa assai forte, e parecchie altre minori; giacchè nello scaricarlo non vi pose armatura esterna, ma lo impugnò successivamente in varii luoghi. *Histoire de l'Electricité*, t. III, p. 441.

cità occultatasi, fra tutte insieme le tre indicate maniere, ha per misura la differenza fra la totale carica che si conserva nel coibente armato e la porzione che in questo si manifesta fatto il computo della sua capacità e della sua tensione. E questa porzione di carica che il coibente manifesta si distingue dall'altra coll'essere continuamente pronta a scaricarsi, e collo scaricarsi effettivamente quando si stabilisca un'istantanea e perfetta comunicazione fra le due armature; laddove quella occultatasi si trattiene nel coibente, non dando segni di sè nè avanti la scarica nè appena dopo che questa è seguita, e solo in seguito dando origine, come si è già accennato e come esporremo più ampiamente fra poco, ai *Residui* delle scariche. Per brevità di linguaggio noi chiameremo *Elettricità latente* o *Carica latente* la elettricità occultatasi; ed *Elettricità sensibile* o *apparente*, ovvero *Carica sensibile* o *apparente* quella che è manifesta.

Di queste la più necessaria a conoscersi è la carica apparente, giacchè è dessa quella da cui nascono i più importanti effetti che possono aversi dai coibenti armati, quali sono la scossa, le scintille, gli effetti meccanici, ec.; laddove l'elettricità latente non serve che a far risorgere i *Residui*, e non produce effetti visibili se non dopo che ha cessato d'essere latente. La carica apparente è inoltre assai più facile a misurarsi, dipendendo soltanto dalla capacità e dalla tensione, atte entrambe ad esser misurate con molta esattezza; e in vece l'elettricità latente non si può in alcun modo indovinare, stantechè ella dipende da diversi elementi assai difficili a determinarsi, vale a dire dal tempo dacchè il coibente è carico, dalla tensione a cui esso venne portato, e altresì dalle cariche anteriormente avute, come avremo occasione di veder più sotto; oltre a che, anche conoscendosi tutti questi elementi, non può essa elettricità latente, nell'attuale stato della scienza, venire esattamente determinata.

Quando adunque noi useremo il semplice termine di carica, senza dir quale, noi intenderemo sempre di parlare della sola carica apparente, nulla comprendendovi di quella latente; così abbiam cominciato a fare quando ci siamo occupati della misura delle cariche.

Della vera sede delle Cariche de' Coibenti armati.

1097. In un vetro armato carico le due contrarie elettricità riseggono parte nelle armature e parte sulle superficie del vetro stesso, però in proporzioni diverse secondo la grandezza delle cariche. Nelle cariche deboli v' è più elettricità nelle armature, nelle forti ve n' ha più sulle superficie del vetro.

Si può provare questo fatto per mezzo di un quadro ad *armature mobili*. Si pigliano due lamine circolari A e B di ottone (fig. 96), ben piane, cogli orli ripiegati, munite de' sostegni isolanti P, P', e degli elettrometri a quadrante Q, Q'; si applicano esse alle due superficie della lastra di vetro MN, la quale è bene che sia inverniciata nello spazio che circonda cotali lamine metalliche, ma senza vernice nello spazio sottoposto a queste; si caricano esse lamine nel modo che si pratica colle armature fisse, cioè tenendone una A in comunicazione colla macchina e l'altra B in comunicazione col terreno; e quindi si allontanano di nuovo. Quando la carica siasi data debole, la parte maggiore dell'elettricità si trova in cotali lamine, le quali manifestano qualche adesione nel ritirarle, e mostrano vivi segni nei loro elettrometri dopo ritirate; mentre il vetro, esplorato coll'avvicinamento di corpi leggieri o cimentato in altro modo qualunque, non dà indizio sensibile di elettricità.

Si può convalidar la cosa a quest' altro modo, cioè

cominciando a caricare le due armature mobili lungi dal vetro, applicandole quindi a questo, e poi ritirandole nuovamente. Si vede un notabilissimo abbattimento degli elettrometri mentre le armature vengono avvicinate, e un risorgimento quasi allo stato primiero quando vengono di nuovo allontanate, indicando d'aver comunicata al vetro ben poca elettricità.

Per la buona riescita di cotali due sperienze devesi avere stagione secca, vetro asciutto, e armature ben lisce; e procurare di tener queste, intanto che son cariche, ben parallele al vetro; altrimenti, se esse gli presentassero più sporgenti gli orli, potrebbe da questi passare dell'elettricità ad esso vetro: così pure non debbono trovarsi peli o fili conduttori fra il vetro stesso e le armature.

1098. Rimesse le due armature sul vetro, e caricate più fortemente, cioè al segno che quella isolata mostri una tensione di 30° o 40° del suo elettrometro, si manifesteranno questi altri fenomeni:

1.° Nel cominciar a staccare cotali armature, si troverà una notabile adesione fra esse e il vetro.

2.° Durante il distaccamento si avrà un particolare strepito quasi di carta incollata che si stacchi, e facendo la sperienza all'oscuro si scorgerà altresì trascorrere molta luce fra l'armatura che si separa e il vetro.

3.° E nello stesso tempo sorgeranno fortissime ne' due elettrometri le due contrarie elettricità, e dalle parti più acuminate de' due sistemi conduttori spiccieranno vivi getti di luce visibili nell'oscurità.

Questi fenomeni indicano che nel presente caso le due armature hanno più forte elettricità che nel caso precedente, sì prima d'essere staccate che dopo staccate. Avanti lo staccamento abbiam l'indizio della forte adesione, dopo abbiamo i getti di luce e i segni elettrometrici. Lo strepito poi e la luce all'atto dello staccamento nascono da una moltitudine di piccole scin-

tillette e di spruzzi di elettricità partenti dall' armatura se essa è elettrizzata in più, o partenti dalla superficie del vetro se essa armatura è elettrizzata in meno, e da' quali spruzzi e scintillette lo stato elettrico dell' armatura viene a indebolirsi.

Una molto maggior porzione però di elettricità si ritrova nel vetro, come lo mostrano questi altri fatti:

4.° Se col mezzo di corpi leggieri avvicinati, si esplorano le superficie del vetro dopo allontanate le armature mobili, vi si ritrova ancora una vivace elettricità.

5.° Se le due armature, dopo scaricate dell' elettricità che avevano seco recata nell' allontanamento, vengono di nuovo rimesse, e vien posta in comunicazione col terreno quella che lo era precedentemente, si ha nell' elettrometro dell' altra quasi la stessa divergenza di prima.

6.° Se finalmente con una mano si tocca una delle armature così rimesse, e si accosta sufficientemente l' altra mano all' armatura opposta, essendo questa isolata, se ne ottiene una forte scossa; indizio evidentissimo della molta elettricità che era rimasta aderente alle superficie del vetro.

Il passaggio delle due elettricità dalle armature al vetro avviene per le stesse forze che producono la seconda maniera di occultamento. Supposto cioè che l' armatura *A* della fig. 96 abbia ricevuto l' elettricità positiva e la *B* la negativa, viene il fluido sovrabbondante della *A* attratto verso il vetro dalla materia deficiente della *B*, e il fluido naturale che può staccarsi dalla superficie del vetro rivolta alla *B* viene dalla stessa attrazione come anche dalla ripulsione del fluido eccedente in *A* sollecitato ad abbandonare una tale superficie e a recarsi attraverso all' aria interposta sino alla *B* medesima per compensarne la deficienza. Così la sovrabbondanza e la deficienza si trasportano sulle due superficie del vetro, rimanendone per altro an-

cora una parte nelle rispettive armature, per la ragione che quando gli stati elettrici di queste ultime sonosi molto indeboliti, sono pur divenute assai deboli le forze moventi l'elettrico.

1099. La sperienza delle armature mobili si eseguisce anche colla boccia di Leida. L'apparecchio è rappresentato dalla fig. 97, dove *MN* è una giara di vetro; *ABCD* un secchiello di sottil lamina d'ottone atto a riceverе la giara, ma due o tre pollici più basso di essa; *abcd* un altro secchiello munito di un manico isolante *EF*, e alquanto più stretto del secchiello precedente, tanto da poter essere introdotto con facilità nella giara, della quale egli è similmente più basso per due o tre pollici.

Per usare cotal giara, le si applicano le due armature, le si dà una carica in più o in meno nel modo ordinario; quindi si levano le armature, e loro si toglie la poca elettricità che han seco recata; e in fine si rimettono di nuovo: e si trova ch'essa giara è ancora carica quasi come prima.

Quello che abbiam veduto negli apparecchi ad armature mobili è da ritenersi che avvenga eziandio in quelli ad armature fisse. Le deboli cariche debbono anche in questi risedere quasi interamente nelle sole armature, in quelle loro superficie però che guardano il vetro; e le forti debbono per molta parte trasportarsi sulla superficie del vetro medesimo.

1100. Ecco alcune sperienze in cui la carica si stabilisce evidentemente sulla superficie del vetro.

Prendasi una boccia a collo aperto, riempiuta d'acqua, e rivestita esternamente di foglia metallica; e caricatala nel modo ordinario si ponga su d'un isolatore, e se ne cavi l'acqua mediante un sifone (fig. 98). Uscirà quest'acqua senza elettricità sensibile; e tutta la carica rimarrà aderente all'interna superficie del vetro ove si è trasferita durante il caricamento, e dove è trattenuta dalla deficienza esterna, essendo quella

poca parte di carica che non era trattenuta, già sfuggita nell'adattare il sifone. Versatavi perciò nuova acqua, impugnata con una mano l'armatura esterna, e coll'altra mano introdotto nell'acqua un filo metallico, si avrà ancora tutta la scossa.

Toccando però l'armatura esterna mentre lavora il sifone, l'acqua esce elettrizzata; il che si riconosce ricevendo lo zampillo in un catino isolato munito di un elettrometro; l'elettrometro diverge, e lo zampillo cade vagamente sparpagliato.

Si può anche adattare alla detta boccia un manico isolante, e con questo versar fuori l'acqua nel suddetto catino isolato; esce questa senza elettricità se il ventre non si tocca con altro corpo, esce elettrizzata toccandolo colla mano.

1101. Beccaria prendeva per uno degli angoli una nuda lastra di vetro sottile, tersa ed asciutta, la presentava orizzontalmente sotto all'estremità di una verghetta metallica procedente dal conduttore positivo della macchina, tenendo contrapposta dall'altra banda della lastra, punta contro punta, un'altra simile verghetta comunicante col terreno, e faceva quindi passeggiare cotal lastra frammezzo alle due punte intanto che la macchina lavorava. Con che, se la sperienza era fatta nell'oscurità, ei vedeva risplendere per qualche tempo il fiocchetto nell'estremità della verghetta superiore, e la stelletta all'estremità dell'altra verghetta. Applicava dopo ciò due armature metalliche alle parti centrali delle due facce, coll'avvertenza che durante l'applicazione o l'una o l'altra di queste facce fosse sempre isolata; e in fine metteva le due armature in comunicazione fra loro per mezzo delle mani, e ne aveva la scossa (*).

1102. Ma di qual vantaggio sono adunque le armature, se nelle sperienze più importanti le cariche risseggono quasi interamente nel vetro?

(*) *Elettricismo artificiale*, § 183 e seg.

Servono esse prima di tutto, come dice il Beccaria, a *distribuire le cariche*. Se mancassero le armature, e venissero applicate le estremità di due conduttori a due opposti punti della superficie del vetro, de' quali conduttori l'uno comunicasse colla macchina e l'altro col terreno, non potrebbe l'elettrico somministrato da essa macchina accumularsi che nel punto di contatto e in quelli ad esso vicinissimi, e nella superficie opposta non potrebbe partire elettrico che dal punto messo in comunicazione col terreno e da quelli ad esso più vicini; e così la carica sarebbe limitata a piccolissimo spazio. Che se cotali punti di contatto si mutassero per comunicare la carica a più luoghi, l'operazione sarebbe lunga e incomoda. Essendovi in vece le armature, appena che a una di esse sia comunicato dell' elettrico proveniente dalla macchina, diffondesi questo immediatamente su tutta l'estensione di essa armatura e passa quindi in gran parte al sottoposto vetro; e intanto da tutta l'estensione dell'armatura opposta sfugge per induzione quasi altrettanto elettrico che essa armatura riprende poscia quasi in totalità dalla contigua superficie del. vetro.

Servono altresì esse armature a *raccogliere le scariche*; ma di ciò parleremo più sotto.

1103. *Osservazione.* Io sospetto che molta parte delle due elettricità aderenti alle superficie del vetro, allorquando queste o son nude come al § 1101, o sono rivestite da armature mobili come al § 1097, non si comunichi veramente al vetro, ma si trattenga nell' invisibile velo umido che anche ne' tempi asciutti si trova sovrapposto ad esso vetro. Al quale sospetto m' induce un singolare fenomeno presentato dalle bolle di Canton già da me citate (pag. 7 e 227).

Si procurò questo fisico delle bolle di vetro sottile, del diametro di circa un pollice e mezzo, unite a stretti tubi della lunghezza di otto a nove pollici; e ne elettrizzò alcune in più ed altre in meno alla maniera delle bocce di

Leida (le avrà prima riempiute d'acqua, e poscia, durante il caricamento, ne avrà immersa nell'acqua la parte sferica, ovvero avrà abbracciato questa colla mano); quindi le chiuse ermeticamente (fondendone cioè colla lucerna la estremità del tubo). Avendo dopo ciò applicate queste bolle nude ad un elettrometro, non vi scoprì nessun segno di elettricità; ma tenendole dinanzi al fuoco alla distanza di cinque o sei pollici, esse divennero in poco tempo fortemente elettrizzate, e il furono più ancora dopo raffreddate, mostrando quella specie di elettricità di cui era stata caricata la loro superficie interna (a poco a poco però questa elettricità veniva di nuovo a dissiparsi, comunicandosi all'aria circostante). E una tale elettricità tornavano a mostrarla ogni volta che venivano scaldate. Però scaldandole frequentemente, questa loro facoltà veniva sensibilmente scemata ed anche distrutta. Ma tenute sott'acqua, la mantenevano per lunghissimo tempo: in fatti provatene alcune dopo sei anni, conservavano esse ancora cotale proprietà, benchè con minor forza. Essendosene rotte due per accidente, potè Canton misurarne la grossezza del vetro la quale egli trovò da 7 ad 8 millesimi di pollice (certamente a misura inglese, che corrispondono a circa $^1/_{12}$ di linea francese) (*).

Questa singolare manifestazione dell'elettricità interna per mezzo del calore, io vorrei spiegarla ammettendo che un tal calore facesse evaporare una gran parte del velo umido aderente alla superficie esterna, e con esso levasse via una parte dell'elettricità risedente nella superficie esterna medesima; con che l'elettricità interna cessasse dall'essere pienamente dissimulata. Questa spiegazione s'accorda ottimamente colle circostanze del mantenersi sensibile cotale elettricità anche subito dopo cessato il calore, e del ripristinarsi di essa ad ogni nuovo riscaldamento. Il successivo scemarsi poi degli effetti a lungo andare nasceva, almeno in parte, da *occultamento* della carica, e in parte poteva nascere o dal passare l'elettricità lentissimamente attraverso al vetro, o dall'attaccarsi essa a poco a poco alle vere mo-

(*) Priestley, *Histoire* ec. T. II, p. 101; Cavallo, *Trattato completo di elettricità*, p. 411.

lecole di esso vetro, o dall'imbrattarsi la superficie di questo di sostanze conduttrici meno evaporabili dell'acqua; e a queste ultime due cause è forse da attribuirsi il non avere Priestley ottenuto segni elettrici nello scaldare il tubo citato nella nota al § 1094.

Delle varie maniere di scaricare i Coibenti armati.

1104. I Coibenti armati si possono scaricare in molte maniere, alcune più atte alla produzione di grandiosi effetti, ed altre più idonee ad istruirci sul modo di comportarsi dell' elettricità. Io cercherò di esporre le più importanti.

Scarica totale riunita. Così chiamo quella maniera di scarica, mediante la quale in un attimo e con una scintilla unica le armature perdono tutta o almeno la più gran parte della loro carica. È questa la maniera più comune, e insieme quella che dà i più sorprendenti e più strepitosi effetti, sia che si bramino vivaci e sonore scintille, sia che si vogliano scuotere le membra e uccidere animali, sia che si desideri rompere de' corpi, bruciarli, dissiparli.

Si ottiene questa il più delle volte col far comunicare le due armature mediante un arco conduttore, qual sarebbe lo scaricatore, del quale arco s'incomincia a mettere un capo in comunicazione coll' armatura non isolata, e poi si avvicina l'altro all'altra armatura sino a che fra questa e il detto corpo avvicinato scocchi la scintilla.

Può l'arco conduttore essere formato per un tratto della sua lunghezza dal corpo di una persona o anche da una fila di più persone, le quali nell'atto che salta la scintilla vengono tutte contemporaneamente scosse.

Può anche ottenersi cotale scarica col far comuni-

care le due armature con due conduttori estesissimi, separati l'uno dall'altro, e di buona qualità, p. e. con due laghi d'acqua salsa isolati l'uno dall'altro: anche in questo caso, quando le comunicazioni sieno perfette, si ha una scarica prossimamente totale con una scintilla unica.

1105. Mostriamo ora più circostanziatamente come si effettui questa maniera di scarica. Veramente il soggetto apparterrebbe alle dottrine del *Moto dell'Elettrico*; pe' lettori però io stimo che possa esserne qui luogo più opportuno. Riserberò in vece per le suddette dottrine il parlare con qualche estensione degli effetti che questa scarica può produrre sui corpi da essa attraversati.

Cominciamo a considerare il caso che le due armature comunichino con due conduttori amplissimi e perfetti, mediante comunicazioni similmente perfette. Sia già messa adunque l'armatura *B* del coibente armato (fig. 99) in perfetta comunicazione con un estesissimo conduttore *N*; e all'armatura *A* supposta carica positivamente si accosti adagio adagio un arco metallico *pq* il quale si trovi in perfetta comunicazione con un altro conduttore estesissimo *M*. Arrivato che sia quest'arco a piccola distanza dall'armatura *A*, l'elettrico libero di questa, vale a dire quella parte di carica che non è dissimulata dalla deficienza di *B*, smoverà il fluido naturale di un tale arco metallico, rendendone per induzione elettrizzata in meno l'estremità più vicina; e viceversa quest'estremità così elettrizzata farà adunare più copiosamente il detto elettrico libero ne' punti della *A* che sono più vicini ad essa estremità; e questo effetto crescerà coll'avvicinamento, in sino a che la detta parte libera di fluido elettrico si aprirà un passaggio nell'aria e passerà a modo di corrente luminosa sull'arco metallico, e col mezzo di questo si diffonderà nella grande capacità del conduttore *M*, perdendo ivi quasi ogni tensione.

Però non è quell' individuo elettrico che abbandona la *A* quello che arriva sino alle parti più lontane di *M*; ma a parlare rigorosamente, intanto che la *A* dà elettrico all' estremità *p* dell' arco conduttore, succede un generale promovimento nella direzione *pqM* di tutto il fluido naturale contenuto nell' arco *pq* e nel conduttore *M*: vale a dire, ogni porzione di fluido che arriva da *A* in *p*, si ferma nelle prime molecole dell' arco *pq*, e scaccia innanzi quasi altrettanto fluido naturale appartenente ad esse molecole; questo va a prendere luogo in altre molecole successive, spingendo più oltre il fluido naturale esistente in queste, e così di mano in mano sino a *q*; dopo di che questo promovimento passa alle parti più vicine di *M*, e quindi per ordine alle seguenti, sino alle più lontane: presso a poco come avviene di un fluido aeriforme, del quale venga soffiata una piccola quantità entro un tubo comunicante con un vaso chiuso che contenga di già altro simile fluido. Quello che non so, si è riguardo all' aria che viene attraversata dalla scintilla; non so cioè se entri anche il suo fluido naturale in questo generale promovimento, ovvero se ella si apra e lasci sgombro il cammino all' elettrico da *A* a *pq*. Pare che i fisici propendano a quest' ultima opinione.

Mentre se ne fugge il fluido libero dell' armatura *A*, viene a palesarsi alcun poco lo stato negativo della *B*, il che fa accorrere a essa *B* una certa quantità del fluido naturale del conduttore *N*: e anche in questo accorrimento cominciano le parti di *N* più vicine a *B* a dare una porzione del loro fluido naturale; esse poi ne ritraggono da altre parti appena più lontane da *B*, queste da altre più lontane ancora, con un generale ma breve movimento di tutto il fluido naturale del conduttore *N* verso l' armatura *B*.

Da questo accorrimento da *N* a *B* vien resa libera nella *A* una nuova dose d' elettrico poco minore della precedente. E siccome i movimenti dell' elettrico si

effettuano, non solo in M ma anche in N, con una prontezza inconcepibile, così questa seconda dose d'elettrico comincia già ad esser libera che la prima non ha per anco finito di passare; e però essa seconda dose trovando ancora aperto nell'aria il passaggio, s'accompagna alla prima senza lasciare interruzione di mezzo, e la segue sino all'arco metallico, ove nel modo già dichiarato continua a mantenere il promovimento d'elettrico testè descritto. Intanto rendesi sensibile in B un'altra parte della sua deficienza, il che fa accorrere un'altra porzione d'elettrico da N a B; e questo accorrimento rende libera una terza dose in A, la quale trovando ancora aperto il passaggio nell'aria, passa anch'essa all'arco metallico e spinge altro elettrico da questo al conduttore M. Nello stesso modo seguita a passarne una quarta dose, una quinta, ec.; e contemporaneamente affluiscono da N a B altre ed altre porzioni d'elettrico, ec.; i quali due movimenti, l'uno di sfuggimento e l'altro di accorrimento, si ajutano l'un l'altro, e si effettuano entrambi senza nessuna interruzione, in due contemporanee correnti continuate; nè essi cessano sino a che, ridotte debolissime le forze che mettono in moto l'elettrico, venga nell'una banda impedito e fermato lo sfuggimento dalla leggierissima tensione che l'elettrico giungerà ad avere in M e dalla piccolissima resistenza che esso fluido potrà incontrare nel suo cammino, e nell'altra banda venga fermato l'accorrimento dalla leggierissima deficienza che si produrrà in N e dalla resistenza pur leggierissima che l'elettrico potrà incontrare nel muoversi verso B. E tutto ciò si compirà con una prestezza inconcepibile, talchè dopo incominciata la corrente da A a pq, la mano che appressa l'arco metallico non ha tempo di avvicinarlo un capello di più, che la corrente è già finita. Ma di questa prestezza parleremo altrove.

Tutto questo vale con pochissimo cangiamento an-

che pel caso che l'armatura A sia carica negativamente. In questo caso arrivato l'arco pq a poca distanza da essa armatura, si aduna molta copia d'elettrico nella estremità p, e a rincontro ne' punti della A più vicini a p l'elettrico si dirada e si fa più viva la parte di deficienza che non è dissimulata dalla sovrabbondanza di B. E coll'ulteriore avvicinamento crescono questi effetti in guisa, che vinta la resistenza dell'aria interposta, l'elettrico adunato in p salta all'armatura A. Allora con afflusso continuo accorre da M ad A una copiosa corrente d'elettrico per estinguere la deficienza di essa A, corrente che è formata da un generale movimento dell'elettrico del sistema pqM nella direzione da M a p; e continua questa corrente pel medesimo sentiero aperto nell'aria, mano mano che una tale deficienza va apparentemente rinascendo pel contemporaneo sfuggir dell'elettrico da B ad N. I quali due movimenti d'accorrimento e di sfuggimento proseguono e finiscono nel modo che si è già veduto nel caso precedente.

Osservazione. Dovranno i due conduttori M ed N essere d'un' estensione grandissima, se si vuole da essi una scarica quasi totale. Supponiamo che col loro mezzo si voglia scaricare una boccia in guisa da non lasciar avanzare che $^1/_{100}$ della sua carica: dovranno essi in questo caso avere una capacità 99 volte maggiore di quella della boccia, ossia uguale a 30 mila o 40 mila volte quella d'un conduttor semplice della stessa estensione; talchè, se i conduttori simili hanno le capacità nella ragione semplice di una delle loro dimensioni (pag. 106), dovrà sì M che N avere un diametro uguale a 30 mila o 40 mila volte quello della boccia, cioè avere un'estensione di qualche miglio in diametro.

1106. Passiamo ora al caso che le due armature vengano fatte comunicare insieme per mezzo di un unico conduttore. Però immaginiamo dapprincipio che

questo conduttore sia anch'esso capacissimo, anzi risulti da una comunicazione de' due precedenti conduttori *M*, *N* nelle loro parti più lontane dal coibente armato (fig. 100).

È agevole il vedere che in questo caso subito dopo che l'armatura *A*, supposta elettrizzata in più, avrà incominciato a perdere del suo fluido sovrabbondante, e la *B* a perdere della sua deficienza, e il conduttore *MN* a ricevere dall'un capo e a perdere dall'altro, si stabilirà nel luogo d'unione fra *M* ed *N* un trapasso di fluido elettrico da *M* ad *N*, mediante il quale la sovrabbondanza avvenuta in *M* andrà a riparare la deficienza operatasi in *N*. Il che tutto si eseguirà mediante un trasportamento generale di tutto il fluido naturale del conduttore *pqMN* nella direzione da *pqM* verso *N*, rimanendo un piccolo spazio in *p* pel fluido effluente da *A*, e uscendo una quasi uguale quantità di fluido dall'estremità del conduttore *N* più vicina all'armatura *B* per compensare la deficienza di quest'ultima.

È da osservarsi in questa scarica che, essendo la sovrabbondanza di *A* alcun poco maggiore della deficienza di *B*, verrà in fine a trovarsi eccedente un po' d'elettrico in tutta quanta l'estensione del sistema *pqMN* e delle due armature *A* e *B*; però questo elettrico, essendo poco e trovandosi in una capacità grandissima, avrà una tensione estremamente debole.

È altresì da riflettere che il movimento dell'elettrico comincia a effettuarsi in quelle parti del sistema *pqMN* che sono più vicine alle armature *A* e *B*, e va quindi successivamente propagandosi per tutta l'estensione del sistema sino alle parti più lontane da esse armature, sì il moto d'allontanamento dalla *A*, come quello d'avvicinamento alla *B*.

E in fine si può riflettere che la corrente elettrica è molto più veloce alle due estremità del sistema *pqMN* che non nelle altre parti; perciocchè nelle

dette estremità essa corrente è più ristretta, ed eccitata da forze più vive; laddove nelle altre parti ella ha una larghezza maggiore; e ivi l'elettricità, trovandosi già espansa in una capacità molto più grande, esercita forze assai più deboli.

Non mi trattengo a considerare il caso che l'armatura *A*, cui s' accosta l'arco *pq*, sia carica in meno, potendo il lettore farlo agevolmente da sè.

1107. Sia finalmente un piccolo conduttore, p. e. un semplice arco metallico *pq* (fig. 101), quello che mette in comunicazione le due armature; e di esso s'incominci similmente a mettere un capo *q* in comunicazione coll' armatura *B* carica in meno, e quindi si avvicini l'altro capo *p* all'armatura *A* carica in più. Si avrà ancora, come nel caso precedente: 1.° una corrente effluente di fluido elettrico, la quale dall'armatura *A* si getterà sull'estremità *p* del conduttore *pq*, attraversando l'aria interposta; 2.° una corrente affluente, la quale dall'altra estremità *q* del conduttore passerà all' armatura *B*; 3.° uno spostamento del fluido naturale dell'arco *pq* nella direzione da *p* a *q*. E quel poco di che la sovrabbondanza di *A* supererà la deficienza di *B*, si distribuirà su tutta l'estensione di entrambe le armature e dell' arco *pq*. Vi saranno solamente le seguenti differenze dal caso precedente: 1.ª lo smovimento generale dell' elettrico nell' arco conduttore si eseguirà nel presente caso con molto maggiore prontezza, essendo assai minore la somma delle resistenze in tutto il cammino da percorrersi; 2.ª la corrente elettrica, essendo raccolta in una via più angusta e più breve, sarà in generale capace di produrre maggiori effetti; i quali effetti però, come anche la prontezza della carica, varieranno assai secondo la diversa lunghezza dell'arco conduttore, ed altresì secondo la sua grossezza; ma di ciò si parlerà altrove; 3.ª l'eccesso di cui la sovrabbondanza della *A* supererà la deficienza della *B*, distribuendosi in una capacità mi-

nore, mostrerà una tensione maggiore: ciò però se l'arco metallico è isolato.

È però da osservare che, essendo la carica sempre la stessa, la prontezza della scarica e gli effetti di questa non solo differiscono nei varii casi secondo la diversa estensione del conduttore che mette in comunicazione le due armature, ma eziandio secondo la natura di esso. Quanto più cioè la sua facoltà conduttrice è imperfetta, tanto più, a parità d'altre circostanze, è lento il moto dell'elettrico, tanto minori sono gli effetti della scarica, e tanto maggiore quantità di questa avanza indietro dopo saltata la scintilla; di maniera che usando conduttori mano mano men perfetti, l'avanzo cresce a segno da aversi una seconda scintilletta e talvolta anche qualche altra, prima che un siffatto conduttore giunga a toccare l'armatura a cui si accosta. Una tale suddivisione della scarica può aversi anche aumentando la lunghezza del conduttore, quando questo non sia perfettissimo; e di essa noi parleremo fra poco al § 1110.

E qui pure ommetterò di considerare il caso che l'armatura *A* sia carica in meno.

1108. Sono queste le maniere elementari o più semplici per ottenere la scarica totale riunita. Si possono esse combinare in più modi; nè è difficile, assegnata che siasi una combinazione particolare, il prevedere qual debba essere l'evento. In generale concorrendo più conduttori a stabilire la comunicazione fra le due armature, ciascun d'essi trasporta una parte della scarica e rende questa più pronta, conducendone però maggior copia i più brevi, i più larghi e i più perfetti, e minor copia gli altri, secondo una legge di cui ci occuperemo parlando del *Moto dell'Elettrico*.

Una assai comune di queste maniere composte è quella in cui la comunicazione fra le due armature è stabilita da una fila di persone che si tengono congiunte colle mani l'una all'altra. Formano queste persone come un

unico conduttore alquanto esteso, non bene isolato dagli altri corpi. E nella scarica l'armatura positiva perde l'elettrico eccedente sì mediante una circolazione pel conduttore, come per mezzo di una trasmissione al terreno sottoposto; e intanto l'armatura negativa riacquista l'elettrico deficiente tanto coll'anzidetta circolazione, quanto col prenderne una parte da un'altra porzione di terreno; le quali due porzioni di terreno, essendo fra loro comunicanti, si possono riguardare come un conduttore larghissimo ma d'imperfetta qualità, il quale si associi al circuito delle persone nel trasportare l'elettricità dall'un'armatura all'altra. Ed è chiaro che la corrente effluente, allargandosi successivamente nel suo cammino a proporzione che si allontana dall'armatura positiva, dee rendersi gradatamente meno sensibile; e in simil modo la corrente affluente dev'essere tanto più allargata e più debole quanto più si trova lontana dalla seconda armatura. Ma analizziamo un po' più minutamente il fenomeno seguendo le tracce del celebre Volta (*).

Sia adunque un circolo di venti o trenta persone, indicate nella fig. 102 colle lettere *a*, *b*, *c*, *d*.... *m*, *n*, *p*, *q*, tutte rivolte col volto verso il centro del circolo, e delle quali l'ultima, cioè la *q*, tenga la mano destra a contatto coll'armatura negativa, mentre la prima *a* vada accostando la mano sinistra all'armatura positiva. Egli avverrà che quando la mano sinistra di *a* sarà giunta a una sufficiente vicinanza di cotale armatura, uscirà da questa l'elettrico libero in essa esistente, saltando a modo di scintilla sulla detta sinistra mano, e ad esso elettrico si accompagnerà successivamente tutta quella quantità del fluido medesimo che si andrà mano mano rendendo libera, per quello che succederà intanto nell'armatura opposta. La persona *a* poi, mentre colla mano sinistra va ricevendo

(*) *Collezione delle Opere*, t. I, parte I, p. 203.

cotale elettrico effluente, ne va perdendo altrettanto del suo proprio, parte comunicandolo colla sua mano destra alla persona *b*, e parte comunicandolo per mezzo de' piedi al terreno; del che è una prova il sentire che fa questa persona non solo una viva scossa nelle mani e nelle braccia, ma eziandio una piccola nei piedi. La persona *b*, nello stesso tempo che colla mano sinistra riceve dalla persona *a* la già detta quantità d'elettrico, ne perde una eguale quantità del suo naturale, dandone una parte colla sua destra alla persona *c*, e una parte co' piedi al terreno. Similmente si comporta la persona *c*, la quale intanto che riceve elettrico colla sinistra, ne perde altrettanto del suo dalla destra e da' piedi. Donde appare che la quantità d'elettrico che si trasmette di persona in persona va di mano in mano diminuendo, di maniera che se la fila delle persone è molto lunga, una tale quantità rendesi alla fine affatto insensibile, e la corrente effluente vien quasi tutta a dissiparsi nel terreno.

Intanto che ciò si eseguisce dalla banda dell'armatura positiva, la negativa chiama a sè dalla persona *q* tanta quantità di elettrico quanta gliene occorre per rimettersi allo stato naturale; la *q* riacquista la quantità perduta prendendone una parte colla mano sinistra dalla persona *p*, e una parte ritraendola dal terreno co' piedi; la persona *p* si rifà della parte data alla persona *q* col riceverne al modo stesso una parte dalla persona *n* e una parte dal terreno; e così successivamente, in guisa che anche da questa banda la quantità d'elettrico che l'una persona ritrae dall'altra si fa gradatamente minore a proporzione che si va lontano dall'armatura negativa, e in fine svanisce quasi affatto, se il numero delle persone è assai grande.

Segue da ciò che la scossa viene sentita più fortemente dalle persone contigue al coibente armato, e che partendo da questo ella va gradatamente scemando

sino alla parte centrale della serie delle persone, ove ella è più debole che in qualsivoglia altro luogo. E anzi in questa parte centrale ella riesce insensibile, se il terreno è buon conduttore, e le persone sono molte e male comunicanti l'una coll'altra; stantechè l'elettrico che viene dall'armatura positiva è quasi tutto dissipato nel terreno prima di giungere a questo punto, e similmente quello che va all'armatura negativa viene quasi tutto somministrato dal terreno alle persone che stanno dopo il detto punto di mezzo. Se però le persone sono in buona comunicazione fra loro, tenendosi, p. e., colle mani bagnate d'acqua, la quale serve ancor meglio quando sia salsa, e se inoltre esse si trovano su d'un suolo poco conduttore, essendo questo, e. g., di legno asciutto, non già di pietra o di terra umida, in questo caso una discreta boccia (che equivalga, p. e., a un piede quadrato di vetro armato grosso mezza linea), caricata sino alla distanza esplosiva di quattro o cinque linee, può dare una scossa sensibilissima anche a cento e più persone. In generale poi la scossa riesce tanto più forte quanto più piccolo è il circolo delle persone, quanto più grande è la capacità del coibente armato, e quanto più alta è la tensione a cui è stato caricato, essendovi però della differenza dall'essere piuttosto grande la capacità o piuttosto alta la tensione. Ma ciò il vedremo più particolarmente parlando degli effetti delle scariche. Ora basti quel poco che serve a rischiarare la teoria de' coibenti armati.

La scarica attraverso al circolo delle persone si può eseguire anche nel modo contrario, col far cioè toccare l'armatura positiva dalla persona *a*, e col far accostare all'armatura negativa la mano della persona *q*, fino a che salti una scintilla da questa persona all'armatura Facile è il vedere come anche qui debba aversi la stessa degradazione nelle quantità d'elettrico trasmesse a proporzione che si va lontano dalle due

armature, e come in genere si debbano manifestare de' fenomeni simili a quelli or ora esposti.

Questa sperienza può essere fatta in altre maniere. Si possono far comunicare tutte le persone pe' piedi, unendo il piè destro di ciascuna col sinistro della seguente; e tutte sentiranno la scossa ne' piedi. Si può fare che una delle persone riceva la corrente colla mano sinistra, e la dia alla seguente per mezzo del piè destro, mentre quest'altra persona la riceva col piè sinistro e la faccia passare innanzi colla mano destra, e così di seguito; e la scossa si farà sentire in quelle mani e in que' piedi pe' quali si effettuerà la trasmissione.

1109. *Osservazione.* Fermiamoci qui un momento ad esporre, come si è promesso al § 1102, l'ufficio delle armature nelle scariche.

Quando mancassero cotali armature, e il vetro carico venisse toccato in due punti contrapposti da un conduttore destinato a scaricarlo, la faccia carica in più non potrebbe perdere elettrico che nel punto toccato e in quelli a lui vicinissimi, e similmente la faccia carica in meno non ne potrebbe ricevere che nel suo punto toccato e in quelli ad esso assai vicini; e per levare tutta quanta la carica converrebbe replicare i toccamenti in molti luoghi, con grande perdita di tempo e senza poter ottenere nessun poderoso effetto. In vece colle armature, supposto che siasi messo un capo dello scaricatore in comunicazione coll'armatura carica in meno, e avvicinato sufficientemente l'altro capo all'armatura carica in più, non già uno scarso numero; ma bensì tutti quanti i punti sottoposti a quest'ultima armatura mandano contemporaneamente elettrico allo scaricatore, facendo per mezzo dell'attuazione che essa armatura cominci a darne del suo, cioè e tutto il suo fluido sovrabbondante e una notabil porzione altresì della sua dose naturale, e poi risarcendola essi punti sottoposti colla propria loro

sovrabbondanza. E similmente tutti i punti della opposta faccia del vetro col mezzo della corrispondente armatura vengono a risarcirsi della loro deficienza, cominciando a manifestare questa deficienza in forza della scarica della prima faccia, togliendo quindi alla detta armatura una notabil porzione del di lei fluido naturale, e lasciando che questa si rifaccia per mezzo del fluido che le arriva dall' arco scaricatore. Così l' una armatura raccoglie tutta la carica della faccia elettrizzata in più e la dà allo scaricatore, e questo coll' altro capo restituisce quasi altrettanto elettrico all' armatura opposta, che lo distribuisce a tutti i punti della faccia carica in meno.

1110. *Scarica suddivisa.* Allorquando le due armature d' un coibente armato vengono messe in comunicazione per mezzo di qualche conduttore imperfetto, la scarica si effettua per mezzo di molte minute successive scintillette; e in questo caso io la chiamo scarica *suddivisa.*

Cominciamo a supporre che esse armature sieno fatte comunicare col mezzo di due conduttori estesissimi e separati, de' quali uno solo sia di imperfetta conducibilità. Chiamiamo *N* il più perfetto e supponiamolo messo in comunicazione coll' armatura *B*, e denominiamo *M* il meno perfetto, del quale supponiamo che una parte mobile *pq* (fig. 99) venga avvicinata all' armatura *A*, la quale immagineremo che sia carica in più.

Arrivata una tale estremità mobile a una sufficiente vicinanza, talchè l' elettrico raccoltosi ne' punti della *A* ad essa estremità più vicini possa superare la resistenza dell' aria, uscirà da questa armatura *A* in forma di scintilla o una porzione del suo elettrico libero, o tutto intero questo elettrico libero, o tutto intero con altresì qualche porzione del rimanente fluido che sovrabbonda in *A* e che vi si va rendendo libero per lo accorrimento di altro elettrico all' opposta armatura *B*; e questo elettrico uscente attraverserà l' aria per passare alla estremità mobile *pq* e alle parti del conduttore *M* ad essa estremità più vicine. Però attesa l' imperfetta conducibilità di un tale conduttore

non potrà esso fluido progredire liberamente nel suo cammino e diffondersi in tutta l'estensione di cotale conduttore, ma si troverà alquanto impedito e trattenuto, e si andrà perciò accumulando e in certo modo ringorgando nelle prime parti di cotal conduttore; e nello stesso tempo si andrà opponendo con forza successivamente crescente all' ulteriore efflusso dell' elettrico della *A*, e finalmente farà sospendere un tale efflusso, permettendo che si torni a richiudere il passaggio nell' aria che sino allora era rimasto aperto. Perciocchè l' aria ha la proprietà che quando l' elettricità vi ha aperto un sentiero, rimane questo liberissimo fino a che l' elettricità continua a passare; ma cessata essa corrente, e fors' anche ridotta soltanto lentissima, questo sentiero si torna a richiudere. Così verrà a terminare la prima scintilla o la prima porzione di corrente, porzione che sarà tanto maggiore quanto più libera è la via che l' elettrico trova nel conduttore *M*, e quanto più ampio tratto di esso può perciò essere occupato da una tale corrente nel brevissimo tempo che ella dura.

Se dopo questa prima scintilla si tratteuesse l' avvicinamento di *pq*, non s' avrebbe altra scintilla, non avendo a ciò forza sufficiente l' elettrico che ancora sovrabbonda in *A*, ancorchè in breve si dissipi il menzionato ringorgo coll' inoltrarsi l' elettricità nelle altre parti del conduttore *M*. Continuandosi però ad avvicinare l' arco *pq*, potrà il residuo dell' elettrico sovrabbondante in *A*, in grazia e del ravvicinamento di *pq* e della cessazione di quel ringorgo, far aprire nuovamente un passaggio nell' aria e dare principio a una seconda scintilla più corta, nella quale similmente non passerà che una porzione della elettricità ancora sovrabbondante, porzione che in ogni caso sarà minore della precedente. Dopo questa seconda porzione la corrente tornerà a sospendersi, trovandosi nuovamente ringorgata nel suo avanzarsi pel conduttore *M*; e il passaggio lasciato dall' aria tornerà a richiudersi una seconda volta.

Questo nuovo ringorgo però si dissiperà anch' esso; e arrivata l' estremità mobile del conduttore *M* a una distanza ancor minore dall' armatura *A*, avremo una terza scintilla più piccola della seconda. Dopo ne avremo in simil modo una quarta, una quinta, e un gran numero di altre, tutte

gradatamente minori l'una dell'altra, in sino al contatto. Nè però all'istante di esso contatto sarà affatto distrutta la scarica dell'armatura A, ma ne rimarrà un residuo, del quale parleremo nell'articolo seguente.

Questa scarica suddivisa può diversificare ne' varii casi, e presentare ora poche e distinte e forti scintille a larghi intervalli di tempo, ed ora molte e deboli ad intervalli assai piccoli; e inoltre lasciare ora poco ed ora molto residuo. E ciò secondo le varie condizioni del conduttore M, ed anche secondo la prontezza dell'avvicinamento. Se questo conduttore non sarà molto cattivo, e se anzi la parte più vicina ad A avrà un esteso tratto dotato di buona conducibilità, le scintille saranno poche di numero, e si seguiranno a lontani intervalli, di maniera che l'occhio e l'orecchio ne potranno chiaramente riconoscere la discontinuità: dopo cioè una prima assai forte se ne avrà una seconda molto minore, allorquando la distanza da superarsi si sarà notabilmente impiccolita; quindi ne succederà una terza ancor più debole a distanza molto più piccola ancora; e forse qualche altra affatto minima. E con queste scintille il coibente si troverà quasi interamente scarico.

Essendo minore nel conduttore M il tratto in cui può diffondersi l'elettrico durante il tragitto di ciascuna separata scintilla, sia che tutto abbia una mediocre conducibilità, sia che ad una breve porzione abbastanza deferente ne segua un'altra che il sia assai poco, si ha minore la prima scintilla, e a questa, supponendosi abbastanza pronta la dissipazione della sua elettricità a confronto della velocità dell'avvicinamento, terrà dietro prontamente una seconda poco diversa in forza dalla precedente, quindi subito una terza, ec.; di maniera che la serie sarà più numerosa, e la degradazione più lenta, e più piccoli gli intervalli dall'una all'altra. E quando il conduttore M sarà giunto a toccare l'armatura A, rimarrà in questa un residuo un po' maggiore che nel caso precedente.

Essendo ancor più imperfetto il conduttore M saranno ancora più deboli le parziali scintille, e più numerose, e meno decrescenti l'una dall'altra, e più vicine all'apparenza d'una luce continuata che duri per tutto il tempo dell'avvicinamento; e lasceranno maggior tensione all'armatura isolata.

Un esempio di questa maniera di scarica suddivisa si avrebbe allorquando una persona, stando su d'un terreno non molto umido avvicinasse una mano al bottone di una boccia di Leida carica in più, intanto che l'armatura esterna fosse in perfetta comunicazione coll'acqua di un fiume alquanto lontano. La persona non sentirebbe scossa nel braccio nè nella mano, ma sentirebbe una puntura nel dito accostato, cioè una sensazione limitata bensì di spazio ma alquanto mordente, e udrebbe una specie di sibilo, il tutto procedente dall'operarsi la scarica mediante una serie di minute scintillette; e la boccia conserverebbe un resto di tensione. Con un suolo più conduttore si avrebbero più poche e più forti e più distinte scintillette, e più innanzi nella mano si propagherebbe la sensazione, e minore riuscirebbe l'avanzo della carica. E tutto il contrario si avrebbe con un suolo meno conduttore.

Potrebbe questa sperienza variarsi in più maniere. Potrebbe la suddetta persona toccare il bottone della boccia con un arco metallico; potrebbe toccarlo con un legno mediocremente secco, con un pezzo d'avorio, ec., e n'avrebbe ora maggiore ed ora minor suddivisione della scarica, ora maggiore ed ora minor residuo. Ma su ciò non possiamo che consigliare il lettore a veder le cose col fatto.

1111. Tutte questo noi lo abbiamo esposto pel caso che all'armatura isolata A carica in più venga avvicinata la parte mobile di un conduttore imperfetto estesissimo, essendo l'altra armatura B in comunicazione con un altro conduttore pure estesissimo ma perfetto. Si possono però le esposte dottrine agevolmente estendere ai casi seguenti, i quali potrà il lettore con utile esercizio considerare da sè medesimo. E questi casi sono:

1.° Che l'armatura isolata A sia carica negativamente. Nel qual caso la corrente che passa da M ad A attraverso l'aria, verrà trattenuta da un impedimento incontrato dall'elettrico vegnente dalle parti lontane di M; e si verrà a formare nelle parti di M più vicine ad A un tratto elettrizzato in meno, il quale alla fine cesserà di somministrare elettrico, nè potrà ricominciar a darne se non dopo un leggier riposo, durante il quale esso siasi rifatto della sua deficienza e inoltre l'arco pq si sia maggiormente avvicinato ad A.

2.° Che il conduttore imperfetto sia quello messo previamente in comunicazione coll'armatura B, essendo in vece ottimo quello che si va accostando alla A. Nel qual caso la corrente verrebbe interrotta dall'impedimento che l'elettrico troverebbe a muoversi nelle parti del conduttore N più vicine a B, e così B non potrebbe continuare a dismettere la propria elettricità o negativa o positiva, nè A seguitare a disfarsi della propria, senza frapporre de' piccoli riposi.

3.° Che entrambi gli estesissimi conduttori M ed N sieno imperfetti ma ancora separati, qualunque siano le elettricità delle armature A e B.

4.° Che i due conduttori predetti, imperfetti entrambi o uno soltanto, sieno in vicendevole comunicazione, o non ne formino che uno solo ma estesissimo.

5.° Che il conduttore imperfetto che dee mettere in comunicazione le due armature sia breve, o almeno sia imperfetto per breve lunghezza, purchè questa lunghezza sia tale da non potere l'elettrico scorrere su esso in una scintilla tutta unita, come vedremo poter avvenire quando parleremo delle *Scintille sulla superficie de' corpi.*

6.° Che in fine la via da percorrersi dall'elettrico sia una combinazione di diversi dei modi precedenti. E a questo è da riferirsi il caso di una persona stante su di un terreno imperfettamente conduttore, e la quale con un dito vada a toccare il bottone di una boccia collocata su di una vicina tavola, guardando di non toccare nè questa tavola nè l'armatura esterna della boccia medesima.

Si avrà in tutti questi casi la già detta suddivisione della scarica in un grado or maggiore ed ora minore, secondo che la corrente verrà, ad ogni volta che ricomincia, più presto trattenuta; e rimarrà all'istante del contatto un avanzo di carica tanto più grande quanto maggiore sarà la somma delle resistenze in tutto il cammino percorso dall'elettricità.

Passeremo ora ad alcune maniere di scarica i cui effetti dipendono non già dalla qualità de' conduttori impiegati, ma bensì dal modo con cui vengono adoperati sì essi che i coibenti armati.

1112. *Scarica per alternazione.* Si adattino alle arma-

ture *A* e *B* (fig. 103) due fili di lino *P* e *Q*, dalle cui divergenze si possano riconoscere le tensioni delle elettricità libere delle armature medesime; quindi si carichi il coibente armato, portandone, p. e., l'armatura isolata *A* a + 20° di un elettrometro a quadrante; e di poi si isoli anche l'altra armatura *B*. Ciò fatto, s'incominci a toccare l'armatura *A*, p. e. con un bastoncino metallico che la metta in comunicazione col terreno; e si vedrà scendere sino a 0° il filo *P*, ed alzarsi in vece fin quasi allo stesso punto di 20° il filo *Q*, mostrando però elettricità negativa. Si tolga quel bastoncino metallico dal contatto colla *A*, e si tocchi con esso la *B*: si distruggeranno i segni negativi indicati dal filo *Q*, e si ripristineranno que' positivi di *P*, quasi allo stesso segno di prima, p. e. sino a + 19° ½. Ritolto di nuovo il bastoncino dalla *B*, e rimessolo sulla *A*, tornerà ad abbattersi il filo *P*, e ad alzarsi il *Q*; e ciò per lunghissimo tempo, anche per molte centinaja di volte, con segni però gradatamente minori dall'una volta all'altra.

In questa sperienza è facile la ragione dell'abbassarsi col primo tocco il filo dell'armatura *A*: con questo tocco infatti essa armatura perde tutta quella quantità del suo elettrico sovrabbondante, la quale non è ritenuta e dissimulata dalla deficienza di *B*. E perchè intanto s'innalza il filo *Q*? Perchè essendo scemata la carica positiva di *A*, la quale ci voleva tutta intera per tener dissimulata l'elettricità negativa di *B*, si mostra palese di questa elettricità quel tanto che era dissimulato dalla parte sfuggita da *A*, e questo tanto è tale da mostrare de' segni negativi quasi ugualmente grandi come quelli positivi dati già dalla parte sfuggita.

Toccando quindi la *B*, viene ad essere saturata o distrutta questa parte apparente della sua deficienza, e perciò si abbatte il suo filo *Q*. Compensata una tal porzione della deficienza della *B*, viene a rendersi libera un'altra parte della sovrabbondanza della *A*; ed ecco perchè torna a risorgere il filo *P*, il quale s'innalza poco meno del segno a cui poc'anzi trovavasi *Q*, per la ragione che l'elettrico restituito a *B* rende libero quasi altrettanto di quello sovrabbondante in *A*.

Nel terzo toccamento non fa che ripetersi quello che av-

vien nel primo; nel quarto quello che avviene nel secondo; e così di seguito (*).

1113. Una siffatta maniera di scarica riesce più pronta quando ciascuna delle due armature è messa in comunicazione con un altro conduttore che ne aumenti la capacità. Suppongasi che all'armatura *A* (fig. 104) sia aggiunto il conduttore *a*, e all'armatura *B* il conduttore *b*. Col primo toccamento si verranno a levare dalla banda di *A* le tre seguenti quantità d'elettrico, cioè:

1.° La quantità sovrabbondante e libera nel conduttore *a*;

2.° Quella che prima del toccamento è libera nell'armatura *A*;

3.° Quella che si rende libera durante il toccamento nell'armatura *A* medesima, in grazia d'uno smovimento d'elettrico operantesi nel sistema *Bb*, nel quale sistema, al toccarsi *Aa*, l'elettrico si porta da *b* verso *B*. E di queste tre quantità verrebbe perduta solamente la seconda, mancando i conduttori *a* e *b*. Così pure col secondo toccamento vengono date al sistema *Bb* tre quantità d'elettrico, cioè:

1.° Una quantità al conduttore *b* resosi deficiente per lo smovimento or ora menzionato;

2.° Una all'armatura *B*, per saturare la deficienza che ella manifesta prima di questo secondo toccamento;

3.° Una terza finalmente all'armatura *B* medesima, in grazia d'uno smovimento che succede in *Aa* durante questo stesso secondo toccamento; perciocchè intanto che si restituisce elettrico a *Bb*, si smuove alquanto di fluido da *A* verso *a*, permettendo che divenga sensibile un'altra parte della deficienza della *B*. E similmente di queste tre quantità verrebbe data a *B* la sola seconda sé mancassero *a* e *b*. Tutto ciò a somiglianza di quanto si è veduto al § 1068 parlando delle cariche. E questo è quello che avverrebbe alle armature *A* e *B* se in luogo di due fili fossero ad esse applicati due elettrometri.

Ed anche, analogamente a quanto vedemmo nel citato § 1068, la sola vicinanza di altri corpi può aumentare la

(*) Venne questa sperienza eseguita primieramente da Richman, e spiegata da Epino. V. il *Tentamen* di quest'ultimo, a pag. 355.

capacità delle due armature e rendere più pronta questa maniera di scarica.

Osservazione 1.ª Se dopo caricato il coibente armato, ed elevatosi il filo elettrometrico di A e rimasto senza divergenza quello di B, noi togliamo solamente una porzione dell'elettricità libera di A, talchè il suo filo non si abbatta interamente ma solo si deprima, viene a risultar minore anche l'alzamento del filo di B. Ma levando altre ed altre piccole porzioni dell'elettrico libero di A, di modo che il suo filo si vada successivamente deprimendo, il filo di B va di più in più innalzandosi.

Osservazione 2.ª Se dopo caricato il coibente armato come poc' anzi, si lascia l'apparecchio a sè col filo P innalzato e senza toccar più nè l'una armatura nè l'altra, decade a poco a poco esso filo P, e sale in vece insensibilmente il filo Q, in sino a che le tensioni siano tali che le perdite d'elettrico pel contatto dell'aria siano uguali da ambe le parti. Se le circostanze delle due armature (l'estensione, le prominenze, la qualità dell'isolamento, ec.), e quelle dell'aria ambiente (la quale trovandosi, p. e., elettrizzata, si crede più lenta nel togliere l'elettricità omologa e più pronta nel togliere l'elettricità contraria che non essendo allo stato naturale), se queste circostanze, dico, saranno tali che a parità di tensione la elettricità negativa si disperda colla medesima rapidità della positiva, il filo P si metterà alla stessa altezza del filo Q, ossia si stabiliranno nelle due armature delle uguali tensioni. Se le dette circostanze favoriranno maggiormente la dispersione dell'elettricità negativa, il filo Q si terrà più basso che il P, cioè la tensione negativa si manterrà inferiore alla positiva, e ciò quanto basti perchè le due elettricità si disperdano colla rapidità medesima: e così appunto io credo che debba avvenire quando le due armature sieno uguali in tutto, e l'aria non si trovi elettrizzata (§ 58). E il contrario sarà, quando le dette circostanze sieno più favorevoli alla dispersione dell'elettricità positiva.

Di poi vanno essi fili decadendo entrambi, ma lentissimamente, e sempre mantenendosi le altezze loro in quella proporzione che rende ugualmente rapide le dispersioni delle due contrarie elettricità.

1114. Dalla rapidità colla quale in questi tocchi alternativi va decrescendo la tensione, si può agevolmente determinare il rapporto fra la carica d'una delle armature, e la diminuzione che questa carica soffre al primo toccamento di essa armatura.

Chiamisi infatti

E la carica dell'armatura A, vale a dire la sua *carica apparente* (§ 1096);

e quella parte di cotal carica la quale si perde col primo toccamento della A.

Dopo esso primo toccamento la carica di A sarà $E-e$, ossia $E\left(1-\frac{e}{E}\right)$; talchè con un tale toccamento si troverà diminuita in ragione di $1 : \left(1-\frac{e}{E}\right)$.

Quando si verrà a toccare la A una seconda volta, la carica diminuirà di nuovo nel medesimo rapporto, e diverrà

$$E\left(1-\frac{e}{E}\right)^2.$$

Dopo un terzo toccamento della stessa A, la carica sarà

$$E\left(1-\frac{e}{E}\right)^3.$$

E in genere dopo un numero n di toccamenti, essa carica sarà

$$E\left(1-\frac{e}{E}\right)^n.$$

Supponiamo che dopo n toccamenti, la tensione, e però anche la carica di A, siansi ridotte alla metà di quel che erano dapprincipio. Avremo

$$E\left(1-\frac{e}{E}\right)^n = {}^1/_2\, E;$$

da cui

$$\left(1-\frac{e}{E}\right)^n = {}^1/_2;\ n\,\text{Log.}\left(1-\frac{e}{E}\right) = -\,\text{Log.}\,2;$$

dalla quale equazione, conoscendo n, sarà agevolissimo l'ottenere il valore di $\frac{e}{E}$.

Osservo che questa equazione è la stessa della (a) del § 932, nella quale sia posto

$$\frac{c}{c+C}=\frac{c}{E},$$

ossia

$$\frac{C}{c}+1=\frac{E}{c}.$$

Perciò ogni volta che si abbia n non minore di 7 (e ne' coibenti armati essa n è sempre assai maggiore di un tal numero), si ha con sufficiente approssimazione

$$\frac{E}{c}=1,443.n-{}^1/_2+1$$
$$=1,443.n+{}^1/_2,$$

la quale non differisce dalla (b) del citato § 932 che nel segno della frazione $^1/_2$.

1115. Una siffatta operazione eseguita in una boccia bene isolata e lontana da altri corpi, trovandosene, p. e., appeso l'uncino a un cordoncino di seta, può farci conoscere approssimatamente il rapporto fra la capacità di una tal boccia e quella di un conduttore isolato uguale ad essa in grandezza e in figura. Perciocchè ogni toccamento dell'uncino toglie presso a poco quella quantità d'elettrico che potrebbe caricare un cotal conduttore alla stessa tensione della boccia.

Supponiamo infatti che la boccia sia carica a $+20°$ di un elettrometro a quadrante, e che l'armatura esterna sia stata messa istantaneamente in comunicazione col terreno. Toccandone di poi l'armatura interna, si avrà:

1.° Una cessazione de' segni positivi dell'uncino corrispondenti alla detta tensione $+20°$; e non nel solo uncino, ma eziandio nel collo della boccia, ove per attuazione si avevano questi medesimi segni; in somma in tutta la parte che sopravanza all'armatura esterna;

2.° La produzione di segni negativi, prossimamente della stessa tensione di 20°, in tutta l'armatura esterna.

Ora questi effetti sono prossimamente que' medesimi che verrebbero prodotti dalla sottrazione di due quantità d'e-

lettrico atte a recare a + 20° due conduttori semplici uguali in grandezza e in figura l'uno al collo della boccia coll'uncino, l'altro all'esterna armatura del ventre; le quali due quantità fanno in vero un po' più di quello che occorrerebbe a recare alla tensione + 20° un conduttore semplice uguale in grandezza e in figura a tutta la boccia (p. 107), ma la differenza non è gran cosa.

Eseguendo di queste prove su bocce di vetro sottile, si trovano de' rapporti di sorprendente grandezza, i quali concorrono anch'essi a mostrare quanto sia grande la capacità di questi apparecchi in confronto de' conduttori semplici. Una boccetta fatta con un'ampolla da speziale, atta a contenere circa 1/4 di litro, armata internamente con acqua ed esternamente con foglia di stagno, provveduta d'un bottone assai poco sporgente, e collocata sopra un cono di zolfo, venne in una prima prova ridotta alla metà tensione con 294 toccamenti, in un'altra con 305, in una terza con 280; e perciò la sua capacità era leggermente superiore secondo la prima prova a 425 volte quella d'un semplice conduttore della stessa grandezza e figura, giusta la seconda prova a 440 volte, giusta la terza a 404 volte; de' quali numeri il medio è 423. Tale cioè è il numero delle volte che la carica totale conteneva la parte levata col primo toccamento dell'armatura interna.

Ben diverso risultamento si ha trovandosi vicino qualche altro corpo. Avendo fatte altre due prove colla stessa boccetta, tenendola isolata sopra la focaccia d'un elettroforo con sotto il solito piatto metallico, in luogo del predetto numero 423 ottenni 269, cioè un buon terzo meno; d'onde appare che la presenza di quel piatto metallico fe' sì che a ciascun toccamento dell'armatura interna venisse levata una molto maggior porzione di carica. E osservo che non era il sostegno più opportuno nemmeno il cono di zolfo, essendo esso troppo corto e lasciando la boccetta troppo vicina agli altri corpi; oltrechè un po' di smovimento aveva luogo anche nel fluido naturale delle molecole dello zolfo. Il migliore isolamento, quando lo si possa praticare, è propriamente quello della sospensione a un filo di seta. È però bene di non adoperare tensioni forti, perchè l'elettricità non si disperda dalle sfilacciature.

È chiaro che in questa operazione giova tenere lontani gli elettrometri, e non applicarli alla boccia che di tanto in tanto; altrimenti il decrescere della carica riesce più rapido del dovere.

In fine è necessario operare con prontezza, affinchè durante l'operazione non risorga una quantità notabile di *Residuo renitente* ad aumentare il risultamento.

1116. *Scarica di un Coibente armato tenuto isolato.* Si ponga su di un isolatore una boccia carica in più, impugnandola, nel portarla, per l'armatura esterna; quindi ritirata la mano, se ne mettano prontamente in comunicazione le due armature per mezzo di uno scaricatore; e mantenuta questa comunicazione, si esplori lo stato della boccia con un delicato elettrometro: si troverà, come abbiam già detto al § 1107, qualche leggierissima tensione positiva.

Questa sperienza serve a rendere manifesto ai sensi come in una boccia di Leida la carica positiva dell'armatura interna superi appena quella negativa dell'armatura esterna. Della quale differenza fu Epino il primo che s'accorse (*), correggendo in ciò un'opinione di Franklin, il quale credeva che le due contrarie cariche fossero affatto uguali, il che non è vero che prossimamente.

Se in luogo d'usare uno scaricatore, sale lo sperimentatore medesimo su d'uno sgabello isolante, e scarica la boccia attraverso al suo corpo, quella traccia di elettricità di cui si è detto poc'anzi, riesce impercettibile ai comuni elettrometri, come aveva appunto osservato Franklin; però è ancora riconoscibile col condensatore. Questa piccolezza di segni fa un bel contrasto colla viva sensazione provata dallo sperimentatore, e con quella forte elettricità che la boccia medesima scaricata in altra maniera può comunicare anche a 200 persone (V. a p. 262).

(*) *Tentamen theoriae Electricit. et Magnet.* p. 84 e seg.

Se dopo messa la boccia sull'isolatore e lasciata a sè l'armatura esterna, si tocca istantaneamente l'uncino con una mano non isolata dal suolo, e quindi si eseguisce la scarica ponendo e mantenendo in vicendevole comunicazione le due armature per mezzo dello scaricatore, la boccia mostra agli elettrometri un indizio di elettricità negativa, la quale è leggermente più forte che non la positiva considerata poc'anzi. E in fatti la boccia in questa seconda prova, dopo toccatone l'uncino colla mano e avanti di farne la scarica, dà segni di elettricità negativa su tutta quanta l'armatura esterna, e segni di apparente stato naturale nel collo e nell'uncino; laddove nella prova precedente, dopo messa la boccia sull'isolatore, dava essa de' segni positivi soltanto nell'uncino e nel collo, mostrandosi allo stato naturale in tutto il ventre: i segni negativi della seconda prova si mostrano perciò su maggiore estensione superficiale che non i positivi della prima prova; ed è per conseguenza ben naturale che si debba avere dopo la scarica la indicata diversità. Questa differenza poi riesce tanto maggiore, quanto più sono brevi il collo e l' uncino, ossia quanto più sproporzione vi è fra le due estensioni superficiali ove si mostrano nelle due prove i segni elettrici avanti la scarica: s' intende però sempre che ne' due casi le cariche sieno uguali.

Da questa sperienza si deduce che in una boccia di Leida, caricando l'una armatura o caricando l'altra, non è identico il rapporto fra la quantità dell' elettricità comunicata e quella dell' elettricità indotta. Parti 100 di elettrico sovrabbondante date all' armatura interna, scacceranno, p. e., 99 $^3/_4$ parti di fluido naturale dall' armatura esterna; e parti 100 tolte all'armatura esterna non ne chiameranno che 99 $^1/_2$ di sovrabbondante nell' armatura interna. Lo stesso è de' quadri frankliniani ad armature diseguali. Parti 100 d'elettrico date all'armatura maggiore ne scacceranno

99 dalla minore, e 100 tolte alla minore ne chiameranno 99 $^3/_4$ sulla maggiore. Però le capacità delle due armature non differiscono sensibilmente (§ 1034), e quindi nemmeno le tensioni che esse sono atte a mostrare per uguali cariche.

Non mi trattengo sulle sperienze analoghe che si possono eseguire dando elettricità contrarie a quelle supposte, essendo i risultamenti facili a prevedersi.

1117. *Scarica per mezzo della macchina.* Consiste questa nel mettere l'armatura isolata del coibente armato carico, a contatto di quello de' conduttori della macchina il quale può somministrare l'elettricità opposta, ponendo l'altra armatura in buona comunicazione col suolo, e facendo quindi lavorare essa macchina. Se alla detta armatura isolata trovasi annesso un elettrometro, si vede questo abbassarsi gradatamente fino allo 0°, e in seguito risalir nuovamente. Quando i segni sono a 0°, il coibente è scarico (della carica apparente però, perchè la parte latente vi si conserva ancora); e il nuovo risorgimento di essi segni indica l'incomineiamento della carica contraria.

Se la detta armatura isolata si pone non già a contatto del conduttore della macchina, ma a qualche distanza da esso, possono in sul principio aversi delle scintille assai più lunghe e più forti che non quando in luogo del coibente armato si presenti un conduttor semplice non isolato.

1118. *Scarica vicendevole di più coibenti armati.* Avendosi due uguali bocce cariche omologamente ad ugual grado, si possono scaricare l'una per mezzo dell'altra, cominciando a isolarne una (fig. 105), mettendo quindi in comunicazione l'esterna armatura di questa coll'interna dell'altra, e poscia mettendo eziandio in comunicazione fra loro le altre due armature. Se le cariche sono contrarie, si ha questa scarica vicendevole col mettere fra loro in comunicazione prima le armature esterne e poi le interne.

Avendosene tre uguali cariche omologamente allo stesso segno, si scaricano tutte e tre ad un tempo coll' isolarle e disporle in modo che l' armatura interna della prima comunichi coll' esterna della seconda, e l' interna della seconda coll' esterna della terza, e col mettere quindi in comunicazione, mediante un arco scaricatore, l' armatura esterna della prima coll' interna della terza (fig. 106). E questa maniera si può estendere ad un numero di bocce qualunque.

1119. *Partecipare la carica d'una boccia ad altre.* Volendo far parte della carica d' una boccia ad un'altra che sia scarica, non occorre che mettere in perfetta comunicazione le armature esterne fra loro, e le armature interne similmente fra loro; con che la carica si ripartisce per modo che le tensioni delle due bocce riescono perfettamente uguali, e tanto minori della tensione primitiva della boccia già carica quanto la capacità di questa è minore della somma delle capacità delle due bocce.

La carica d' una boccia si può ripartire anche ad altre due, anzi ad un numero qualunque, col mettere in comunicazione fra loro le diverse armature esterne, e fra loro le interne. E ad una o più di tali bocce si possono sostituire anche de' quadri; come abbiamo già praticato al § 1033 e seg.

Questo metodo può anche servire ad *agguagliare le tensioni* di più bocce cariche; nel qual caso, volendo che l' eguaglianza riesca perfettissima, giova bagnare i punti di contatto, tanto quelli delle armature interne, quanto quelli delle esterne.

De' Residui delle Scariche.

1120. Se qualche tempo dopo scaricato in qualsivoglia maniera un coibente armato, noi mettiamo di

nuovo le sue armature in vicendevole comunicazione, noi otteniamo sempre una seconda scarica, più o meno grande secondo il più o men tempo trascorso e secondo altre circostanze, però in ogni caso minore della prima; dopo ne possiamo avere una terza, minore in generale della seconda; quindi una quarta e più altre, tutte successivamente decrescenti. Ciò mostra che nella prima scarica non tutta l'elettricità che eccede nell'una delle facce abbandona il suo luogo per andare a compensare la deficienza della faccia opposta; ma rimane ancora un po' di sovrabbondanza nell'una faccia, e un po' di deficienza nell'altra. Questo avanzo è ciò che si chiama il *Residuo della Scarica.*

Possiamo distinguere col Beccaria due specie di residuo (*), vale a dire:

1.° Il residuo *sensibile* o *prontissimo*, il quale è già manifesto all'elettrometro nell'istante medesimo che termina la scarica, ed è perciò un resto della carica sensibile non distrutta compiutamente;

2.° Il residuo *latente* o *renitente*, il quale in sulle prime non dà segno agli elettrometri di sua esistenza, ma sorge e si rende manifesto di poi a poco a poco.

E dipendono sì l'una specie che l'altra da diverse cause, come passiamo a vedere.

1121. *Residuo sensibile.* Si ha questo residuo allorquando nella scarica vengono impiegati de' conduttori imperfetti, ed è più o men grande secondo la loro natura e secondo la maniera di adoperarli. I conduttori perfetti non lasciano, secondo me, di questo residuo nemmeno allorquando vengono adoperati imperfettamente, p. e. nemmeno quando essi rimangono a qualche distanza dal vicendevole contatto, talchè l'elettricità debba attraversar l'aria a modo di scintilla. Alla quale conclusione io venni condotto dalle seguenti sperienze.

(*) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 140, e 141.

Trovandomi avere per un altro oggetto due ampie calotte di ottone del diametro di 67 centimetri, le posi ad angolo nel modo indicato dalla fig. 107, bagnandole nel luogo ove si toccavano per metterle in comunicazione più perfetta; e caricato uno scudo d'elettroforo sino a circa + 35° d'un mio elettrometro a quadrante, lo avvicinai alla concavità del sistema delle calotte sino a che ne saltò una scintilla; dopo ciò portai esso scudo su d'un elettrometro a foglia d'oro, al quale esso diede segni debolissimi, corrispondenti secondo un mio computo a $^1/_{500}$ della carica primitiva. Di qui io conclusi che quando l'aria è attraversata dalla scintilla, essa lascia all'elettricità un sentiero liberissimo; e ritenni che nella sperienza testè citata le due calotte abbiano cominciato, durante l'avvicinamento dello scudo, a elettrizzarsi in meno per induzione, non essendo esse isolate dal terreno, e che la scintilla, dopo compensata questa deficienza, abbia ripartito il rimanente dell'elettricità fra le calotte e lo scudo in proporzione delle rispettive capacità; nel che sia rimasto assai poco allo scudo per essere quasi abbracciato dalle due calotte (§ 897).

Fatta la sperienza colla doppia coppa emisferica descritta al § 895, lasciando che la palla (fig. 17) dopo elettrizzata scendesse fino a che si udisse saltar la scintilla, e quindi cavandola ed esplorandola, non mostrò questa nessuna traccia di elettricità, nemmeno a un delicato elettroscopio di Bohnenberger, essendo tutta l'elettricità passata all'inviluppo esterno, come è voluto dalle leggi dell'equilibrio fra corpi perfettamente comunicanti. Il che non sarebbe avvenuto se il sentiero aperto nell'aria avesse opposto qualche impedimento al passaggio, ma si sarebbe trovato nella palla un qualche avanzo di elettricità.

Da ciò io m'assicurai vieppiù che allorquando si scarica un coibente armato mediante un perfetto conduttore, qual sarebbe un filo metallico, mettendone un capo

in comunicazione coll' armatura non isolata e avvicinando l' altro a quella isolata sino ad aversi il salto della scintilla, vengano le due armature nell' istante di questo salto in perfetta comunicazione fra loro, e al finire della corrente luminosa la carica *sensibile* si trovi compiutamente distrutta, per quanto almeno può esser riconosciuto dai più fini elettrometri ora esistenti; e che il residuo che da noi si riscontra nel detto coibente subito dopo la scintilla sia tutto dovuto ad elettricità prima latente e poscia risorta con grande prontezza. Avremo in seguito altre prove di questa facoltà conduttrice della via della scintilla.

Io stimo adunque che la prima specie di residuo si abbia solamente nelle scariche eseguite con conduttori imperfetti, co' quali poi egli varii, come si è già accennato, secondo la maniera con cui essi vengono adoperati. Io comincerò a considerare le maniere più imperfette e che lasciano una maggiore quantità di residuo, e verrò mano mano alle più perfette.

1122. La più imperfetta maniera di adoperare uno di tali conduttori per ristabilire l'equilibrio fra le due armature di un coibente armato, è allorquando appoggiato l' un de' capi di esso conduttore a una delle armature *si avvicina l' altro capo all' altra armatura sino ad ottenerne soltanto la prima scintilla*. In questo caso, quantunque la scintilla stabilisca un eccellente cammino per l' elettricità, succede però nel conduttore imperfetto, come si è detto parlando della scarica suddivisa, un impedimento il quale fa sospendere la corrente; dal che vien lasciato un residuo che spesse volte è assai maggiore della parte di elettricità scaricatasi. E riesce un tale residuo tanto più grande quanto più lungo è l' arco scaricatore e quanto più imperfetta ne è la facoltà conduttrice. Vi si associa però sempre un po' di residuo renitente, anche quando si esplori l' apparecchio dopo un tempo brevissimo, giacchè le prime dosi di questa seconda specie di residuo sono estremamente pronte a sorgere.

Per formarmi chiare nozioni su questo argomento ho fatto le seguenti sperienze.

Ho preparato un pezzo di ceralacca *MN* (fig. 108) con una incavatura *PQ*, dentro a cui ho fissato un capo del filo d'ottone *CD* grosso $^5/_4$ di millimetro e lungo 35 centimetri, il quale ho messo dall'altro capo in buona comunicazione coll'armatura esterna della boccia *A*, posata con insieme questo secondo capo sù d'un piattello di latta bagnato di acqua salsa; la quale boccia aveva l'uncino *E* fatto d'un filo d'ottone della stessa grossezza ripiegato a cerchio e scendente dentro al collo con ambi i capi fino a immergersi per buona parte nel liquido contenuto. E a poca distanza dalla detta incavatura *PQ* ho saldato allo stesso pezzo di ceralacca un simile uncino anulare *F* d'un'altra boccetta *B* ripiena di acqua salata, l'armatura esterna della quale veniva tenuta in buona comunicazione coll'armatura similmente esterna della *A* per mezzo d'una listerella metallica *GH* bagnata d'acqua salsa ai due capi.

Assicuratomi quindi che il pezzo di ceralacca fosse asciutto, ho appoggiato all'uncino *E* il lato *MK* di esso pezzo nel modo indicato dalla figura; e quindi con veloce moto ho fatto strisciare il pezzo stesso *MN* coll'unita boccetta *B* sino ad oltrepassare l'uncino *E*. Nel che avveniva che giunto il filo *CD* in sufficiente vicinanza del detto uncino *E*, riceveva da questo una scintilla con tutta la carica sensibile della boccia *A*; quindi gli passava sopra senza toccarlo (attesa la profondità a cui stava il filo *CD* nella sua incavatura), e però senza riceverne nuova elettricità; e infine l'uncino *E* era toccato per un momento dall'*F*, con che veniva ripartito alla boccetta *B* il residuo che era divenuto sensibile nella *A* nel breve intervallo di tempo trascorso. Il quale intervallo non giugneva, a mio giudizio, a un minuto terzo, giacchè il pezzo *MN* era mosso con tale velocità che in un minuto secondo avrebbe dovuto percorrere un buon metro, laddove era di un solo centimetro all'incirca la distanza fra l'uncino *F* e il punto da cui l'uncino *E* scagliava la scintilla al filo *DC*. Osservava quindi con un delicato elettrometro la tensione che acquistava per questo contatto la boccetta *B*, e ne argomentava con facile computo la tensione e quindi la carica o il residuo

esistente nella *A* all'istante che essa giungeva a poter comunicare colla *B*.

Dopo qualche prova preliminare, io feci alcune di queste sperienze colla boccetta *A* riempiuta di mercurio, cercando che l'uncino *E* avesse una estesa comunicazione con questo liquido, e che tutte le vie che l'elettricità doveva percorrere fossero ottime. E caricata la detta boccetta a + 15° dell'elettrometro a quadrante, dopo il movimento del pezzo di ceralacca ottenni tali segni nella *B* che m'indicarono nella *A* un residuo equivalente a circa 1/35 della carica primitiva. E il risultamento fu presso a poco lo stesso in varie prove successive fatte alla stessa maniera. La boccia *A* equivaleva in capacità a circa 12 pollici quadrati di vetro armato grosso mezza linea, e la *B* a circa 10 pollici.

Ho variato la sperienza in molte maniere; e la più parte di queste nuove maniere non mi alterarono i risultamenti. In luogo di mercurio ho fatto uso di acqua salsa, senza diversità nella quantità del residuo. Al filo d'ottone *CD* ne ho sostituito un altro ancor d'ottone ma del diametro di un solo ottavo di millimetro (di quello in commercio col N. 12) e lungo metri 1 1/5; e il risultamento fu ancora lo stesso. Ho cangiato la boccetta *A* in un'altra dieci volte più capace; quindi in un'altra d'un vetro assai più grosso; e anche queste due volte collo stesso risultamento. In fine ho variata la tensione; e allora il residuo mi si mostrò minore; ma sempre ancora nel suddetto rapporto di circa 1 a 35 colla carica primitiva.

Ciò che mi diede un sensibile accrescimento di residuo fu la sostituzione di acqua comune all'acqua salsa. Con tale sostituzione, adoperando ancora per *A* la prima delle indicate boccette, caricata sino a + 15° dell'elettrometro a quadrante, il residuo arrivò a circa 1/25 della carica primitiva, superando perciò il precedente quasi come 2 a 3; e ciò più d'una volta, e variando tensione e boccia. Il che mi mostra che l'acqua pura, la quale è assai meno conduttrice della salsa, nell'essere attraversata dall'elettrico che abbandona la superficie interna del vetro, trattiene una leggiera porzione della carica, cioè circa 1/80; e questa porzione trattenuta, essendo atta a dar segni di sè al finire della scintilla, io la riguardo siccome un *Residuo sensibile*. Non così

opino degli altri due terzi dell'avanzo, ossia di quel tanto che veniva lasciato anche adoperando acqua salsa o mercurio: siccome la grandezza di questo non dipendeva sensibilmente dai conduttori percorsi dall'elettricità, purchè fossero ottimi, così io credo che non fosse già un avanzo di carica rimasto per imperfezione de' conduttori medesimi, ma bensì un risorgimento d'una parte dell'elettricità latente. È poi da osservarsi che in questa prova coll' acqua pura la scintilla della scarica fu assai meno luminosa e meno strepitante che usando acqua salsa o mercurio; e la differenza fu assai più grande di quanto poteva derivare dall'esser minore la quantità d'elettrico trascorsa, e provenne senza dubbio dalla maggiore lentezza della corrente.

Ho terminato queste prove colla seguente. Ho estratto il filo *CD* dalla sua incavatura, e l'ho tenuto più rilevato, di maniera che nel movimento del pezzo di ceralacca dovesse venire incontrato dall'uncino *E*. Con ciò, usando ancora acqua salsa, il residuo fu assai minore, cioè appena $^1/_{16}$ circa di quello che si manifestava quando esso filo stava in fondo all'incavatura. Ora questo io lo stimo tutto risorto nell' intervallo trascorso fra i toccamenti dell' uncino *E* col filo *CD* e coll'uncino *F*. E ne conchiudo che nelle prove antecedenti, quando si usava mercurio od acqua salsa, col filo in fondo all' incavatura, $^{15}/_{16}$ del residuo ottenuto erano risorti nell' intervallo di tempo trascorso fra l'istante della scintilla e quello del passaggio dell' incavatura sopra l'uncino *B*, e l'altro $^1/_{16}$ era risorto nell'intervallo fra questo passaggio e il toccamento coll' uncino *E*: e ne deduco che le prime parti di cotal residuo latente risorgono molto più prontamente che le segnenti. In quest'ultima sperienza poi riconobbi altresì che disponendo il filo *CD* più vicino all' uncino *F*, la carica ottenuta in *B* riusciva ancor minore; cosa ben naturale.

Tutte queste sperienze sarebbero da rifare e da ridurre a maggiore precisione, non essendo da riguardarsi che quali tentativi preliminari. Ma torniamo al nostro *Residuo sensibile.*

1123. Una seconda maniera di scaricare i coibenti armati, meno imperfetta della precedente, è di fare

che l'arco scaricatore dopo messo a contatto con una delle armature arrivi per un istante anche a contatto coll'altra. In questo caso quella parte di carica sensibile che per imperfezione dello scaricatore rimane indietro dopo il salto della prima scintilla, viene levata in gran parte; e se il conduttore impiegato nella scarica è appena discreto, qual sarebbe anche l'acqua pura, esso avanzo di carica vien tolto sensibilmente per intero, quantunque la durata del contatto sia minima. Devesi aggiungere che con questo toccamento viene altresì levata quasi affatto o almeno assai diminuita quella parte del residuo renitente, la quale risorge nell'intervallo trascorso dopo la suddetta prima scintilla: il che rende ancora minore l'avanzo effettivo di carica che rimane dopo la scarica dipendentemente da ambedue le cause.

1124. L'ultima e più perfetta maniera di scaricare i coibenti armati si è di lasciare l'arco scaricatore in comunicazione colle due armature per qualche durata di tempo; con che quella parte di carica sensibile che può esser rimasta dopo il primo istante del contatto, va per riguardo a molte specie di conduttori rapidamente diminuendo e dissipandosi affatto; oltre a che si dissipa in questi anche quella porzione di residuo renitente che va frattanto risorgendo. Ma passiamo in revista i varii risultamenti che si ottengono con tale maniera di scarica dalle diverse qualità di conduttori.

Sonovi primieramente de' conduttori ai quali questa durata di tempo è in gran parte superflua, bastando un tempo indiscernibile di contatto per togliere tutta quanta la carica sensibile. Tali sono i metalli, i quali anche ridotti in fili assai lunghi e sottili tolgono già tutta la carica sensibile colla prima scintilla, e al primo contatto tolgono inoltre tutto quello che può esser risorto di residuo renitente: però è da badare che non sieno ossidati o lordi di qualche sostanza poco

conduttrice; nel qual caso essi lasciano sussistere una parte del residuo renitente risorto dopo la scintilla. L'acqua salsa, benchè assai meno conduttrice de' metalli, lo è però abbastanza per godere essa pure della detta prerogativa. Anzi può comprendersi in questa classe anche l'acqua comune; giacchè quantunque essa non tolga tutta la carica sensibile colla prima scintilla, l'avanzo però che ne lascia il ritoglie tutto col primo contatto, con insieme tutta la parte di residuo renitente che può esser risorta nell'intervallo fra la detta scintilla e il contatto. Non intendo però che essa acqua sia adoperata in fili lunghissimi e sottilissimi, ma in masse alquanto larghe e poco lunghe, come si adopera ordinariamente entro le bocce.

Sonovi de' conduttori i quali abbisognano della detta durata di tempo, ma con essa riescono a togliere tutta la carica apparente, per quanto il possono dimostrare gli attuali nostri elettrometri. Tali sono i corpi umidi di umidità acquea. E si può formare una serie infinita di cotali imperfetti conduttori, ritenendo l'imperfezione tanto maggiore quanto più lungo è il tempo di cui essi hanno bisogno per la compiuta scarica.

Finalmente sonovi de' corpi a cui quella durata non è bastevole, cioè de' corpi i quali lasciano bensì passare l'elettrico finchè la tensione è forte, ma lo trattengono quando questa è divenuta piccola. Tali sono la maggior parte de' corpi asciutti, e in genere i corpi imperfettamente coibenti, ne' quali vi sono pure infinite gradazioni. E questi lasciano un avanzo più o men grande di carica sensibile, anche dopo un tempo notabile. Ma non entreremo più innanzi in questo argomento, dovendo ritornarvi più ampiamente fra non molto.

1125. *Residuo renitente o latente.* Tolta affatto la prima specie di residuo, e ridotta la tensione perfettamente a 0°, se si lascia il coibente armato a sè medesimo con isolata almeno una delle armature, dopo

qualche tempo vi si trova di nuovo qualche poco di carica, la quale va insensibilmente crescendo fino a un certo punto. Tolta anche questa, mediante una comunicazione perfetta delle due armature, ne rinasce un altro poco, ma più lentamente ed arrivando a minore grandezza; e così di seguito per molte volte. In ciò consiste, come si è già accennato, il *Residuo renitente*.

Procede esso in generale da quell' elettricità che si era precedentemente occultata mentre il coibente armato dimorava carico (p. 284 e seg.), e che dopo la scarica torna di nuovo a manifestarsi. E dipende da tre cagioni, in un modo analogo all' occultazione medesima, vale a dire:

1.° Dall'elettricità che si era diffusa nella parte nuda del coibente armato all' intorno delle armature, e che dopo la scarica refluisce di nuovo a poco a poco nelle armature medesime;

2.° Dall'elettricità che si era internata sotto le dette armature, e la quale nella scarica non viene interamente distrutta ma soltanto dissimulata, e dopo essa scarica torna in parte a ricomparire;

3.° Dall' elettricità già occultatasi per uno smovimento del fluido naturale delle molecole del vetro, e la quale si viene di nuovo a manifestare col tornare di questo fluido al proprio luogo.

Io comincerò a considerare in particolare ciascuna di queste tre sorgenti, quindi soggiungerò qualche cosa sul complessivo residuo che deriva da tutte e tre insieme.

1126. Per riguardo alla prima sorgente, noi abbiamo già fatto ossservare (p. 285), che quando si carica un coibente armato, una parte dell' elettricità comunicata all' armatura isolata si diffonde a poco a poco superficialmente sulla parte nuda all' intorno dell' armatura medesima, facendo con ciò diminuire gradatamente la tensione. Ora all' atto della scarica que-

sta elettricità trascorsa non può se non in piccola parte abbandonare istantaneamente il proprio luogo e accompagnarsi a quella che sfugge dalle armature; ma la parte maggiore refluisce in queste armature a poco a poco dopo la scarica, dando nuovamente indizio di sè agli elettrometri, e divenendo atta ad essere scaricata anch'essa in una nuova comunicazione vicendevole delle dette armature.

Questa elettricità rifluente è in maggiore o minore quantità secondo che fu più o men grande la quantità precedentemente trascorsa. Ella è perciò in maggiore copia, 1.° dopo forti cariche; 2.° in coibenti lasciati carichi lungo tempo; 3.° in coibenti ove è grande il perimetro dell'armatura isolata; 4.° allorquando, essendo assai largo l'intervallo fra le due armature, trovasi un po' umida e non bene coibente la parte nuda: se l'intervallo suddetto non è molto largo, i tempi umidi non concedono alta carica, e poca elettricità lasciano fermare in cotal parte nuda.

Dopo che è rifluita una certa quantità di siffatta elettricità trascorsa, cessa questa dal retrocedere più oltre, seppure esse armature non si scaricano una seconda volta; perocchè non iscaricandole, la elettricità rimasta nel suddetto spazio nudo viene in fine a trovarsi equilibrata da quella già refluita nelle dette armature con insieme quella in esse risorta per le altre due cagioni di residuo renitente. Scaricando in vece il coibente più e più volte, senza dargli nuova carica, refluiscono successivamente delle nuove porzioni della detta elettricità trascorsa; sinchè da ultimo ne rimane indietro sì poca da non esser più capace a superare la resistenza opposta dalla superficie coibente, e da non potersi dissipare che in lungo progresso di tempo col contatto dell'aria.

1127. Venendo alla seconda delle accennate sorgenti, immaginiamoci un quadro frankliniano, le cui armature siano uguali e separate dal vetro mediante

uno strato semicoibente, e cinte tutto all'intorno da un grosso orlo di ceralacca che renda assai minore la diffusione superficiale dell'elettricità; e supponiamo che esso quadro si trovi carico già da qualche tempo, e che mostri nelle due facce due opposte tensioni uguali, p. e. la tensione + 10° nella faccia *A*, e la tensione — 10° nella faccia *B*; e ciò per lo trovarsi sovrabbondante in *A*, parte all' interna superficie dell' armatura, parte nello strato di colla adoperato, ma sopra tutto alla superficie del vetro una quantità d' elettrico come 1000, come pure pel trovarsi mancante in *B*, in luoghi analoghi, una quantità d' elettrico pure come 1000. Nel mettersi in comunicazione le due armature, sfuggirà dalla faccia *A* e si trasporterà nella *B* una quantità d'elettrico bastevole a distruggere quelle due tensioni, ossia tale da poter produrre da sè sola in *A* la tensione — 10°, e in *B* la + 10°. Siccome però le due nuove elettricità si distribuiscono dapprincipio più esternamente che le precedenti, così non occorre ch' esse sieno nella stessa quantità di queste, ma ne basteranno quantità minori; basterà, p. e., la sottrazione di una quantità come 600 alla faccia *A*, e l' aggiunta d' una quantità pure come 600 alla *B*. Di maniera che in *A* si conserverà una sovrabbondanza, p. e., di 400 parti, e in *B* una deficienza di altrettanto, senza che dapprincipio nè l'una nè l'altra si manifesti. A poco a poco però le 600 parti accorse in *B* scenderanno più sotto per attrazione della materia deficiente sottoposta; e similmente la deficienza operatasi in *A* per quelle 600 parti sfuggite verrà a poco a poco compensata da elettrico proveniente da molecole sottoposte, in guisa che anche una tal deficienza scenderà in certo modo a maggiore profondità. Avverrà perciò come se mantenendosi a loro luogo i due stati elettrici precedenti, vengano i nuovi ad accostarsi fra loro gradatamente; il quale accostamento farà diminuire le tensioni ch' essi nuovi stati sono atti a cagionare, nè permetterà ch'essi

bastino come prima ad occultare interamente le tensioni precedenti delle faccie A e B, ma farà che una parte di queste torni a manifestarsi.

Questa riapparizione avrà luogo in ambedue le facce, se queste, come si è or ora supposto, saranno entrambe isolate. Quando però una di esse venga tenuta in comunicazione col suolo, i segni che vi si dovrebbero manifestare, verranno distrutti da un' elettricità contraria somministrata dal suolo medesimo; e in contraccambio verranno prossimamente raddoppiati i segni della faccia rimasta isolata.

Tutto questo poi ha luogo anche nel caso che le armature si trovino sollevate in qualche luogo dal vetro a cagione di bollicine aeree, ovvero che una di esse o tutte e due constino di pezzettini metallici toccanti il vetro soltanto in alcuni lor punti, in generale in tutti quei casi in cui può aver luogo la seconda maniera d' occultamento delle cariche.

1128. Affine di persuadersi dell' esistenza della terza sorgente di residuo renitente, si pigli una boccia ad armature d' acqua, qual è quella descritta alla p. 292. La si carichi a quindici o venti gradi dell' elettrometro a quadrante, e le si mantenga questa carica per mezz' ora, coll' aggiungerle di tanto in tanto altra elettricità della stessa specie, e di poi si scarichi mediante una perfetta comunicazione delle due armature. Esplorata subito dopo, manifesterà essa un residuo di elettricità, il quale andrà successivamente crescendo, e dopo tolto rinascerà di nuovo, e ciò per più volte, ma sempre con maggiore lentezza dall' una volta all' altra.

Questa elettricità rinascente non si può attribuire che in minima parte a un precedente trascorrimento sulla superficie del collo, essendo troppo piccola la capacità di questo per l'elettrico. Io volli però cercare di togliere affatto l' influenza di questo trascorrimento; al quale oggetto lasciai esso collo senza vernice, tenen-

dolo vicino al fuoco, intanto che la boccia veniva con un elettroforo caricatą e mantenuta carica, dal qual calore veniva impedita la deposizione del velo umido che avrebbe condotto via la carica; bagnai poscia esso collo all'atto della scarica per levare anche la poca elettricità su esso trascorsa; quindi l'asciugai e il tenni di nuovo a poca distanza dal fuoco, affinchè non si dissipasse il residuo che venisse a rinascere. E il residuo si manifestò egualmente. Nè può similmente cotal residuo delle bocce ad armature d'acqua attribuirsi alla seconda causa, non essendovi qui strato semicoibente che trattenga l'elettricità a qualche distanza dalla superficie del vetro.

1129. La migliore spiegazione che secondo me si possa dare di un siffatto residuo, è quella, come già accennai, di ammettere un lento regresso dell'elettrico che si era spostato nelle singole molecole coibenti durante la carica, e che non ha potuto interamente rimettersi a suo luogo nell'atto della scarica. Scaricandosi un coibente armato, p. e. col mezzo di un conduttore perfetto di cui un capo sia messo in comunicazione con una delle armature e l'altro venga avvicinato all'altra sino a ottenerne una scintilla, egli avviene che nelle diverse molecole coibenti torna l'elettrico precedentemente spostato a retrocedere al proprio luogo, rendendo con ciò libera quella notabile parte di carica che da esso spostamento trovavasi dissimulata (§ 1030). E questo retrocedimento ha luogo in sulle prime con grandissima rapidità, talchè una gran parte della detta carica già dissimulata viene a liberarsi e a scaricarsi mentre ancor dura la scintilla; ma in seguito questo retrocedimento si rallenta, di maniera che una parte molto grande di elettrico rimane ancora spostata dopo finita la scintilla; continua però esso retrocedimento anche dopo questa, e con esso divien manifesta una nuova parte della carica, dapprima con molta prontezza per rispetto a' nostri sensi, non

però a confronto di quanto succedeva durante la scintilla, e quindi mano mano più lentamente, e in seguito lentissimamente, tanto da durare questa manifestazione per settimane ed anche mesi. È una siffatta manifestazione ha luogo in entrambe le armature, quando tutte e due sieno isolate, mostrando l'una segni positivi e l'altra negativi; ha luogo in una sola, ma con segni prossimamente doppii, quando l'altra venga tenuta in comunicazione col terreno. Tutto quello poi che si è detto pel caso di una scarica mediante una scintilla senza contatto dello scaricatore colla seconda armatura, si intende proporzionatamente anche di una scarica eseguita con un toccamento istantaneo, e di una operatasi con un toccamento prolungato; e tanto per mezzo di conduttori perfetti, quanto con altri quali si vogliano.

1130. Ecco alcuni altri fatti relativi a questa terza maniera di residuo renitente. Volta, avendo uno strato di mastice sulla cui faccia superiore manifestavasi per elettrizzazione precedente una forte elettricità negativa, comunicò a questa superficie un'elettricità positiva, la quale distruggesse tutti i segni negativi; ma questi risorsero di nuovo, talvolta in capo ad alcuni minuti, talvolta dopo qualche ora. Il P. Barletti avendo elettrizzato fortemente uno strato di mastice portato da un piatto metallico, lo tuffò nell'acqua fredda e ve lo tenne immerso per un minuto. Estratto ed asciugato, ricusò per quattro o cinque minuti di dar segni di elettricità, quindi cominciò a darne qualche segno che molto crebbe poscia fino ad un'ora (*).

Io ho tenuto una boccia ad armature d'acqua carica continuamente in più per un intero mese, quindi carica in meno per tutto un giorno, in fine carica nuovamente in più per quaranta minuti primi. Sca-

(*) Barletti, *Dubbii e pensieri*, § 81-89, citato dal P. Pianciani nelle sue *Istituzioni Fisico-Chimiche*, t. III, p. 62.

ricata mostrò dapprima, per circa mezz' ora, de' residui positivi, i quali venendo distrutti colla comunicazione vicendevole delle due armature, risorsero per quattro volte, ma gradatamente minori dall' una volta all' altra. Ebbi in seguito de' residui negativi per più di due giorni, i quali venendo distrutti a brevi intervalli si riproducevano prima assai piccoli, poi un po' maggiori, e quindi nuovamente assai piccoli, cessando in fine, e lasciando la boccia per circa 12 ore senza segno alcuno. Finalmente si manifestarono de' residui positivi, i quali durarono lungo tempo ma sempre piccoli, e i quali io seguitai ad osservare per una sola settimana, ma certamente, se avessi proseguito, avrei continuato a trovarli per molte altre. Questi ultimi residui venivano al certo prodotti dall' elettricità comunicata in sul principio, la quale per la sua lunga durata avrà prodotto uno spostamento, di cui una parte sarà stata assai difficile a effettuarsi e assai difficile e lenta a disfarsi; i segni immediatamente precedenti in vece provenivano dalla seconda carica mantenuta per un giorno, e i primi dall' ultima carica (*).

Io feci altresì alcune rozze prove sulla quantità di questa terza maniera di residuo renitente. Io caricava e manteneva carica per due o tre ore, a una tensione discretamente forte, cioè superiore ai 20° di un elettrometro a quadrante, una boccetta di Leida ad armature d'acqua, d'un vetro assai sottile. Quindi, dopo scaricatala, ne osservava, prima a brevi e poi a lunghi intervalli di tempo, le porzioni di residuo risorte, le quali io scaricava anch' esse di volta in volta, e così continuava anche per dodici o quindici ore. E la somma delle dette porzioni arrivò talvolta, per quanto mi parve, sino a un terzo della primitiva carica apparente, senza contare la molta parte di cotale residuo dissipatasi durante i parziali risorgimenti.

(*) V. *Biblioteca Italiana*, T. LXXXV. Marzo 1837.

1131. Le tre specie di residuo renitente si associano fra loro in proporzioni senza dubbio assai varie secondo i varii casi; nel che hanno parte diverse circostanze, vale a dire la maggiore o minore ampiezza degli spazii nudi che circondano le armature, la più o men grande umidità dell'aria, la grossezza e la natura dello strato semicoibente sottoposto alla detta armatura, la qualità del vetro, la forza della carica, la durata di questa, ec. E nelle diverse successive scariche decrescenti ottenute dopo una medesima prima carica, può ora predominare una di esse tre specie ed ora un'altra. Ma su tutto ciò non sonosi ancora i fisici, a quello che io sappia, occupati.

La totalità del residuo renitente risultante dall'unione delle tre menzionate specie è tanto maggiore in un dato coibente armato quanto più alta fu la carica di questo, e quanto più a lungo venne mantenuta. E nel suo manifestarsi le prime porzioni sono prontissime, nè v'è intervallo sì piccolo dopo una scarica (§ 1122), nel quale non se ne sia già manifestata una porzione molto percettibile; il che fa che quando avanza del residuo sensibile, si trovi sempre associata a questo anche una parte di quello renitente. Le porzioni successive poi si manifestano più lentamente.

1132. Allorquando a un coibente armato carico da molto tempo si toglie una parte notabile della carica apparente, p. e. la metà o i due terzi, si osserva in sulle prime un qualche rialzamento ne' segni elettrometrici, prodotto evidentemente dalle stesse tre cause da cui proviene il residuo renitente. Dal che, e da quanto si è detto parlando dell'occultamento delle cariche, possiam ricavare che un coibente armato, e in particolare una boccia di Leida, può colla medesima quantità d'elettrico variar notabilmente di tensione. Si piglino due bocce equivalenti, se ne carichi una e si lasci carica per un'ora; indi si faccia

parte della sua elettricità anche all' altra, mettendo per breve tempo in perfetta comunicazione le due armature esterne e le due interne: esplorate separatamente con un elettrometro, mostreranno entrambe in sul principio la medesima tensione, vale a dire la metà della tensione precedente; ma di poi cotali tensioni si scosteranno gradatamente l' una dall' altra, l' una crescendo e l' altra diminuendo. Queste bocce però, se dopo lasciate per qualche breve tempo in vicendevole comunicazione, si staccheranno rapidamente l' una dall' altra e si faranno comunicare con altre due bocce equivalenti fra sè ed affatto scariche, l' una con una e l' altra coll' altra, queste ultime ne riceveranno cariche prossimamente uguali.

Considerazioni particolari intorno alle diverse specie di Coibenti armati; e primieramente intorno alle Bocce di Leida.

1133. Dopo le cose esposte, nulla trovo qui da aggiungere per riguardo ai quadri frankliniani. E perciò passerò immediatamente alle bocce di Leida.

Prerogative delle Bocce di Leida paragonate coi Quadri frankliniani. Negli usi pratici riescono le bocce assai più comode de' quadri, per diverse ragioni.

Un primo vantaggio delle bocce consiste nel potersi avere assai più facilmente una buona boccia che non un buon quadro. È facilissimo il trovare una bottiglia d'un vetro sottile e che sia nello stesso tempo sufficientemente solida; l' armatura esterna vi è facilissimamente applicata, e agevolmente ne è intonacato il collo; nell' interno può bastare il versarvi dell' acqua salsa; nè le occorre telajo o sostegno che la regga, ma può stare da sè senz' altro.

Le bocce sono in secondo luogo assai più agevoli a maneggiarsi che non i quadri. È facile la precau-

zione di non imbrattare di sostanze conduttrici la parte non armata del collo, e di non toccarla colle dita; facile è l'asciugare questa parte col calore, allorchè si vuol fare qualche sperienza in tempo non secchissimo; assai comodo riesce finalmente il tenere le bocce in mano nel caricarle, bastando impugnarle per l'armatura esterna.

Ma un altro vantaggio principalissimo si è la facoltà che hanno esse bocce di conservare le cariche assai più a lungo che non i quadri, presentando esse all'aria minor superficie carica, e lasciando una strada più angusta e in generale più lunga al trascorrimento superficiale dell'elettrico dall'una armatura all'altra (§ 1085).

1134. Riesce assai utile l'avere una serie di bocce le cui capacità abbiano de' dati rapporti e delle date grandezze; insegneremo pertanto come ciò si possa ottenere.

Problema 1.° *Costruire una Boccia* B *equivalente in capacità ad un'altra data* A.

Si procuri di avere un fiasco o un'ampolla da speziale le cui dimensioni sembrino opportune; se ne intonachi con ceralacca la parte superiore esterna del collo, e se ne rivesta il ventre con foglia di stagno; l'interno si empia di acqua pura, giacchè usando in sul principio acqua salsa si verrebbe agevolmente nelle seguenti operazioni a lordare l'incrostatura del collo con materia conduttrice; e vi si introduca un filo metallico terminato con una palletta e passante attraverso a un turacciolo di sughero, senza però saldare un tale turacciolo, giacchè converrà versar fuori l'acqua più volte.

Ciò fatto, mediante un elettroforo adoperato nel modo insegnato a p. 259, si paragoni la capacità di questa nuova boccia che diremo *B* con quella della data *A*. Se con questa prova le capacità parranno uguali, non faremo più altro coll'elettroforo, ma volendo mag-

giore esattezza, continueremo l'operazione con un metodo più delicato che insegneremo or ora. Se in vece troveremo disuguaglianza, e precisamente se troveremo che la *B* è troppo capace, ne verseremo fuori l'acqua, vi leveremo superiormente una parte dell'armatura esterna, e quivi estenderemo l'incrostatura del collo; e se vedremo che essa *B* è men capace della *A*, faremo l'opposto, raschieremo via cioè una parte dell'incrostatura del collo e accresceremo l'estensione dell'armatura esterna. E rifaremo la prova più volte sino a che le due bocce, provate coll'elettroforo, mostreranno sensibilmente una uguale capacità. E se questo ci basterà, porremo nell'acqua un pizzico di sal comune e salderemo il turacciolo.

Usando dell'elettroforo si può altresì con molta facilità, quando non si desideri una grande precisione, costruire una boccia che abbia doppia capacità di un'altra data, o una capacità tripla, o una uguale soltanto alla metà, o al terzo, ec. E il modo è facile a concepirsi dopo quanto si è detto or ora e a p. 259. Però quando si voglia una maggiore esattezza, converrà raggiustare le operazioni o eseguirle in altra maniera, come passiamo ad esporre.

1135. Volendo fra le bocce *A* e *B* menzionate poc'anzi un'eguaglianza più accurata, dopo usato l'elettroforo si continuerà l'operazione nel modo seguente. Si torneranno a caricare le bocce *A* e *B* in più, a quattro o cinque gradi soltanto dell'elettrometro a pagliette, facendo in modo che le tensioni siano perfettamente uguali, e ciò collo strofinare insieme, dopo data la carica, i due uncini, un de' quali siasi previamente bagnato nel luogo destinato al contatto (§ 1119). Quindi si porrà una delle bocce, p. e. la *A*, su d'un isolatore, e se ne metterà in comunicazione l'armatura esterna colla interna della *B*, ponendo le altre due armature in comunicazione col terreno; e dopo mantenute qualche tempo queste comunicazioni, si esploreranno le tensioni col condensatore. Se le capacità sono

eguali, le due cariche dovranno essersi vicendevolmente distrutte (*), e le bocce non dovranno in sul principio dar segno di elettricità, trattene alcune leggerissime tracce positive nella *B* non isolata e altre negative nella *A* isolata, per essere la carica interna della *B* un tantino maggiore dell'esterna della *A*; le quali tracce debbono manifestarsi in ordine contrario quando si rinnovi la prova isolando la *B* e non la *A*. E se le capacità sono diseguali, la boccia di capacità maggiore dovrà in sulle prime mostrare qualche poco di elettricità positiva, e l'altra un po' di negativa; e in progresso, attesa la manifestazione del residuo renitente, potranno divenire entrambe elettrizzate in più, ma con più elevata tensione quella di capacità maggiore. Dall'esito adunque di queste prove si vedrà se la capacità della *B* sia quale dev'essere, o s'ella sia troppo grande ovvero troppo piccola; e in questi due ultimi casi si aggiusterà opportunamente l'armatura esterna, fino a che sia cessata ogni sensibile differenza.

1136. *Osservazione* 1.ª La prima e più rozza prova, in luogo di farla coll'elettroforo, si può anche eseguire a quest'altro modo, cioè con isolare la boccia *A* scarica (fig. 109), applicare all'armatura esterna di questa l'uncino della *B* pure scarica e impugnata colla mano, e quindi per mezzo di una terza boccia *C* dare un po' di carica positiva alla *A*. La *B* riceverà tutto l'elettrico sfuggente dall'armatura esterna di *A*, salvo quella minima porzione che intanto si disperderà nell'aria; e se le capacità sono eguali, le due bocce mostreranno tensioni sensibilmente eguali; se no, quella boccia che avrà maggiore capacità mostrerà minor tensione.

1137. *Osservazione* 2.ª Nella seconda e più delicata operazione conviene replicar più volte il toccamento delle due bocce, con qualche intervallo di tempo dall'una volta all'altra, affine di levare anche le prime e più forti porzioni del residuo renitente, le quali possono turbare le indicazioni del condensatore.

Si dee operare, come si è detto, con tensioni debolis-

(*) Questa maniera di riconoscere l'equivalenza di due bocce venne suggerita dal Beccaria, il quale però non usava il condensatore, stato inventato dappoi. *Elettricismo artificiale*, p. 95, § 248.

sime, p. e. di 4° o 5° dell'elettrometro a pagliette, affinchè s'abbia poco trascorrimento d'elettricità all'intorno delle armature isolate.

Per lo stesso oggetto si dee operare in tempi ben asciutti, e asciugare preventivamente con diligenza il collo delle bocce per mezzo del calore.

1138. *Osservazione* 3.ª Con queste prove però si computa anche una parte delle cariche latenti che si vengono a manifestare dopo le scariche. E in ciò non vi è grave inconveniente quando le bocce siano della stessa figura, e in ispecie abbiano uguali i contorni delle parti incrostate del collo, giacchè i residui renitenti sono allora prossimamente uguali. Quando però si voglia schivare ogni pericolo, si può operare a quest' altra maniera.

Si cominciano a preparare col metodo men delicato due bocce equivalenti *M*, *N* alquanto più grandi delle *A* e *B*, cioè per lo meno di una doppia o tripla grandezza; e si caricano a una stessa piccola tensione. Quindi si mette in istantanea comunicazione la *A*, affatto scarica, colla *M*, e subito dopo si scarica compiutamente la *A* appressandone l'uncino a un labbro bagnato mentre l'armatura esterna è ritenuta con una mano pure bagnata; e si replica quest'operazione per alcune volte. Quindi nella stessa maniera si fa toccare per un medesimo numero di volte la boccia *B* colla *N*. E di poi si esplorano col condensatore, nel modo indicato al § 1135, le tensioni che rimangono ad *M* e ad *N*. Se queste tensioni sono uguali, le capacità di *A* e di *B* sono anch' esse uguali; se quelle non sono uguali, p. e. se la tensione di *M* è minore, le capacità sono diseguali, essendo nell' addotto supposto più capace la *A*.

Si dee però replicare la prova, per togliere l'errore che può nascere da qualche differenza fra *M* ed *N* e dalla necessità di dover usare prima l'una che l'altra. Nella qual replica la *M* e la *N* si adoperano nella stessissima maniera di poc' anzi, dando loro cioè presso a poco la stessa carica, caricando prima quella d'esse che fu caricata prima, e cominciando la scarica parziale co' descritti toccamenti in quella ove si era cominciato la prima volta. Ma ne' toccamenti si scambia la boccia *A* colla *B*. Se l'esito è lo stesso, cioè se *M* ed *N* mostrano la stessa uguaglianza o

diversità di carica come poc'anzi, è segno che la *A* e la *B* sono egualmente capaci; se l'esito è diverso, p. c. se la *M* perde più pel contatto della *A* che non per quello della *B*, si conchiude che la *A* è più capace.

1139. Problema 2.° *Costruire una Boccia equivalente in capacità a un dato Quadro frankliniano.*

Si procede come nel Problema precedente, stando però nella parte più delicata dell'operazione all'ultima maniera, cioè a quella di far toccare più volte le bocce equivalenti *M*, *N* l'una col quadro dato, e l'altra colla boccia da costruirsi. Usando l'altra maniera, possono nascere degli errori, attesa la pronta dispersione delle cariche da' quadri.

1140. Problema 3.° *Costruire una Boccia* C *equivalente alla somma di altre due* A *e* B *date.*

Si procede nel modo indicato nel Problema 1.°, colla sola avvertenza di usare le due bocce *A* e *B* congiuntamente, ossia colle interne armature comunicanti, allo scopo ch'esse si comportino come una boccia unica.

1141. Problema 4.° *Formare una serie di Bocce di capacità determinata.*

Si comincia a preparare un quadro la cui capacità sia la più piccola da darsi alle bocce che si vogliono costruire. Il che come si possa fare, apparirà dall'esempio seguente. Io mi sono proposto di costruire un quadro che equivalesse in capacità a 10 pollici quadrati di un vetro armato grosso mezza linea. A quest'oggetto presi una lastra di cristallo da specchi alquanto grossa, affine di commettere poco errore nel misurarne la grossezza. Vi incollai sulle due facce due foglie di stagno, e le lisciai e le appressai al vetro, facendo schizzar fuori la colla superflua. Sollevai quindi in ciascuna un pezzetto angolare, nel luogo ove doveva trovarsi il centro dell'armatura isolata, e levata quivi la colla misurai la grossezza del vetro che mi risultò di mill. 3,22, pari a linee 1,4275. Da ciò dedussi che all'armatura isolata doveva darsi un'estensione superficiale di 28,55 pollici quadrati, e che facendola circolare doveva tenersi del diametro di lin. 72 1/3, ossia di mill. 163 1/5. Riposti perciò di nuovo al pristino luogo e saldati i due pezzi angolari, incollai sul mezzo di quell'armatura che

doveva usarsi isolata un pezzo di carta alquanto grossa per appoggiarvi una punta del compasso, e coll' altra punta descrissi un cerchio del raggio di mill. 81 $^3/_5$, e col temperino levai la parte di foglia che sopravanzava, e inverniciai la parte nuda della superficie circostante del vetro con vernice copal, e prima di far altro aspettai che questa fosse secca. Nello staccare il pezzo di carta la foglia di stagno si sollevò in alcuni luoghi, lasciando fra essa e il vetro uno strato d'aria; io tornai a rimetterla a contatto col vetro, altrimenti la capacità sarebbe stata sensibilmente minore.

Preparato questo quadro, si costruiscono due o tre boccette ad esso equivalenti, le quali dopo costruite si verificano fra loro colla pratica indicata nel Problema 1.°. Quindi col metodo insegnato nel Problema 3.° se ne formano due o tre di capacità doppia, verificandole similmente fra loro dopo costruite; poi altre due o tre di capacità tripla, in seguito altre due o tre di capacità quadrupla; e così fino a quella grandezza che si vuole.

Io me ne sono formata una serie delle capacità 1, 2, 4, 6, 8, 9, 12; cioè tre per ciascuna delle prime tre capacità, due della capacità 8, e una per ciascuna delle capacità 6, 9, 12. Mi sono costate molta fatica, ma mi sono assai care pe' molti usi a cui sono atte, come il lettore può persuadersi dalle seguenti applicazioni.

1142. Applicazione 1.ª *Riconoscere quando una Boccia di Leida, toccata più volte con un dato conduttore, venga a ridursi alla metà tensione.* Questa cognizione riesce di molta importanza nella ricerca delle capacità de' conduttori (§ 932); ed ecco il modo di ottenerla.

Si prendono tre bocce A, B, C equivalenti, delle quali una C sia affatto scarica; se ne caricano due A e B alla stessa tensione; si mette in comunicazione una B di queste colla C, e si fa toccare l' altra A tante volte col dato conduttore quante occorrono perchè la carica rimasta ad essa A si mostri uguale a quella che rimane alla B.

Questa operazione viene a proposito anche nelle sperienze riguardanti le induzioni reciproche, p. e. in quella citata al § 1018.

1143. Applicazione 2.ª *Impiccolire una data tensione secondo un rapporto dato.*

Vogliasi, per un primo esempio, impiccolire una data tensione nel rapporto di 4 a 3. Basterà caricare a quella tensione una boccia della capacità 3, e quindi mettere seco in comunicazione un'altra boccia scarica avente la capacità 1.

Si voglia, per un secondo esempio, ottenere la quarta parte di una tensione data. Si comincerà a caricare a una tale data tensione una boccetta della capacità 1; e quindi si ripartirà la sua carica con un'altra boccia della capacità 3, ovvero con altre due bocce, l'una della capacità 2, l'altra della capacità 1.

Volendo ridurre la tensione proposta a $^1/_{24}$ del suo valore, si prenderà l'ultima delle boccette menzionate, e si farà parte della sua carica con altre due, l'una avente la capacità 4, e l'altra la capacità 1.

Vogliasi, per un quarto esempio, avere una boccia carica a $^1/_{100}$ di grado di un dato elettrometro a pagliette. Si comincerà a caricare una boccetta *A* della capacità 1 a dieci gradi di un tale elettrometro, e si ripartirà la sua carica ad altre due bocce *B* e *C* delle capacità 8 e 1 rispettivamente, le quali verranno con ciò ad esser cariche a 1°. Si ripartirà quindi la carica della *C* ad altre due bocce *D*, *E* aventi similmente le capacità 8 e 1, le quali acquisteranno $^1/_{10}$ di grado. Infine si farà parte della carica della *E* con un'altra *F* della capacità 9; e si sarà con ciò ridotta la tensione a $^1/_{100}$ di grado, come si desiderava.

È d'uopo avvertire che in queste sperienze debbono le bocce essere affatto scariche da molto tempo, e specialmente quelle che si usano le ultime e ove si vogliono tensioni debolissime; e ciò perchè non vi si meschi del residuo renitente derivante da cariche antecedenti.

Avverto altresì che nelle forti tensioni non possono i risultamenti aversi per molto esatti, atteso il trascorrimento dell'elettricità al di là delle armature.

Altra maniera per ottenere tensioni piccolissime di data grandezza. Si osservi qual numero di scintille di un piccolo e debole elettroforo faccia bisogno per caricare, p. e. a 5° di un elettrometro a pagliette, una boccetta della capacità 1; e poscia si calcoli quale capacità sia necessaria perchè con una sola scintilla si abbia la tensione, p. e., di $^1/_{100}$ di grado, e scelta una boccia o un sistema di bocce di tale

capacità, gli si dia cotale unica scintilla. È comodissimo questo metodo quando non abbisogni una grande precisione (*).

1144. *Successiva addizione delle tensioni delle Bocce.* Prendansi due bocce di capacità comunque diverse, l'una carica a + 10° d'un elettrometro a pagliette (che qui preferiamo per la regolarità delle sue indicazioni), e l'altra a + 8°. Si ponga una di esse su di un isolatore, e se ne faccia comunicare l'uncino con un tale elettrometro. Poscia impugnata l'altra per l'armatura esterna, se ne metta l'uncino in comunicazione coll'armatura esterna della prima, bagnando pria leggermente, per miglior esito, quest' armatura nel luogo del contatto. Si vedrà l'elettrometro annesso alla prima, quando sia ben graduato, salire sin vicinissimo a + 18°, cioè indicare prossimamente la somma delle due tensioni. Se si isolasse anche l'armatura esterna della seconda boccia, ritenuta la comunicazione del suo uncino coll'esterna armatura della prima, e quindi, impugnata pel ventre una terza boccia, carica, p. e., a + 5°, si mettesse l'uncino di questa in contatto coll'armatura esterna della seconda (fig. 110), bagnando previamente anche cotale armatura nel punto del contatto, si vedrebbe l'elettrometro della prima salire sino a + 23° prossimamente, cioè indicare quasi esattamente la somma delle tre tensioni. Avverrebbe una cosa somigliante unendo insieme quattro bocce, cinque, ec.: sempre si avrebbe nell' elettrometro annesso alla prima un' indicazione rappresentante molto prossimamente la somma di tutte le tensioni parziali.

Per verificare questo fatto con qualche sperienza nella quale non si abbia a temere inganno dall' ine-

(*) Fu già un tal metodo adoperato da Volta, e si trova descritto in una Nota del ch. prof. Configliachi alla celebre Memoria di esso Volta sulla *Identità del Fluido elettrico col così detto Fluido galvanico*, Pavia, 1814, p. 4.

sattezza dell'elettrometro, si piglino diverse bocce A, B, C, D uguali in capacità. Si carichi la A, p. e. a $+16^\circ$ del detto elettrometro a pagliette, e quindi si ripartisca la sua carica alla B, con che si avrà in entrambe la tensione $+8^\circ$; poscia si dispongano queste due bocce nel modo testè indicato, e si avrà di nuovo in quella isolata la tensione $+16^\circ$ prossimamente. Se la carica suddetta si ripartirà fra le tre bocce A, B, C, poscia alla A isolata si applicherà nel suddetto modo l'uncino della B, e isolata anche questa le si applicherà l'uncino della C impugnata esternamente colla mano, la A indicherà ancora 16° prossimamente; scenderà essa a $10^\circ\, ^2/_3$ levando la C e toccando colla mano l'esterno della B; e scenderà a $5^\circ\, ^1/_3$ levando anche la B e toccando esternamente la A. Le dette prove si possono ripetere con bocce le cui capacità abbiano altri rapporti, e con cariche aventi un rapporto qualunque; e i risultamenti concorrono tutti a mostrare la verità dell'esposto fatto.

1145. Poc'anzi ho sempre detto *prossimamente*, perchè studiando la ragione del fatto si viene a conoscere che l'addizione non è rigorosissima, ma che v'è in essa qualche piccola differenza in meno. Cominciamo infatti a considerare che cosa si ottenga applicando nell'indicato modo una boccia carica a una serie di altre non cariche.

Si abbia, per primo caso, una boccia M carica a $+5^\circ$ e comunicante all'esterno col terreno, e se ne metta l'uncino in comunicazione coll'armatura esterna della N isolata e affatto scarica (fig. 111). Se non si avesse della N che l'armatura esterna, riceverebbe quest' armatura una parte della carica della M come qualsivoglia altro conduttor semplice della stessa estensione e figura, facendo diminuire un pochettino la tensione di essa M, p. e. di $^1/_{400}$ del suo valore. Essendo però la N come è in fatti, si ritirerà nel suo uncino un po' del fluido naturale della sua armatura interna, e l'armatura esterna potrà in conseguenza di ciò ricevere una quantità d'elettrico un po' maggiore della già detta; vale a dire quasi quella stessa quantità

come se fosse un conduttor semplice della forma e grandezza di tutta intera la boccia *N*. L'interno perciò della *M* perderà più di quello che si era detto poc'anzi, cioè, p. e., $^1/_{250}$ della sua tensione, scendendo a $+ 5° - ^2/_{100}$, la quale tensione verrà ricevuta anche dall'armatura esterna della *N*; e l'armatura interna e l'uncino della *N* saranno attuati a una tensione leggerissimamente minore, p. e. a $+ 5° - ^3/_{100}$.

All' uncino della *N* venga ora applicata l'esterna armatura di una terza boccia *P* pure isolata e scarica (fig. 112). L'armatura interna della *N* cederà un po' del suo fluido naturale attuato all'esterna armatura della *P*, la quale armatura ne riceverà quasi quella stessa quantità come se ella fosse un conduttor semplice della figura e grandezza di tutta la boccia *P*, stantechè verrà smosso un po' di fluido naturale dall' armatura interna di essa *P* e spinto nell'uncino. Questo passaggio poi della detta porzione d'elettrico dall' interno della *N* all'esterno della *P* cagionerà il passaggio d'un'altra porzione dall' interno della *M* all'esterno della *N*, come se si fosse ingrandita la capacità dell'armatura esterna della *N* medesima e fosse divenuta quasi uguale a quella di un conduttor semplice della stessa forma e grandezza delle due bocce *N*, *P*. Si avrà perciò nell'interna armatura della *M* e nell'esterna della *N* una tensione appena minore di poc'anzi, p. e. di $+ 5° - ^3/_{100}$; l'interno della *N* e l'esterno della *P* avranno una tensione ancor minore, p. e. di $+ 5° - ^4/_{100}$, essendo sempre le tensioni attuate un po' minori delle attuanti; e in fine l'interno della *P* avrà una tensione minore ancora.

Supponiamo aggiunta dopo la *P* una quarta boccia *Q* nella medesima maniera. Scemerà la tensione della *M* ancora alcun poco, mostrando quasi la medesima diminuzione sotto alla tensione primitiva di 5°, come se le si fosse messo in comunicazione un conduttor semplice simile in forma e in grandezza al sistema delle tre bocce *N*, *P*, *Q*, e piglierà, p. e., la tensione $+ 5° - ^4/_{100}$; e la stessa tensione si avrà all'esterno di *N*. L'interno di *N* e l'esterno di *P* avranno una tensione appena più piccola, p. e., di $+ 5° - ^5/_{100}$. L'interno di *P* e l'esterno di *Q* ne avranno una più piccola ancora, p. e. di $+ 5° - ^6/_{100}$. L'interno in fine di *Q* una minore di tutte, p. e. di $+ 5° - ^7/_{100}$.

In generale l'interno della boccia carica *M* per ciascuna di tali successive applicazioni scemerà di tensione allo stesso modo, come se all'uncino di essa venisse fatto comunicare un nuovo conduttore poco minore in grandezza dell'ultima boccia applicatagli, e tanto minore quanto più grande è il numero delle bocce già state applicate; e questa tensione di *M* così diminuita si propagherà successivamente per attuazione alle armature interne delle bocce seguenti, decrescendo dall'una all'altra, ma con degradazione lentissima.

1146. Passiamo ora al caso che vengano applicate l'una all'altra più bocce cariche. Abbiansi dapprima due bocce *C* e *D* comunque diverse, cariche rispettivamente a $+ 10°$ e a $+ 8°$ di un elettrometro ben graduato. Se alla boccia *D* isolata noi mettiamo esternamente in comunicazione l'uncino della *C* (fig. 113), quest'ultima, col dare un po' della sua carica alla detta armatura esterna, cadrà alcun poco dalla sua tensione $+ 10°$, e la trasmetterà diminuita di un altro poco, p. e. ridotta a $+ 10° - 3/100$, all'armatura interna dalla *B*, come se questa fosse scarica; e cotale tensione aggiungendosi ai $+ 8°$ della carica che ha già la *B*, porterà questa a

$$8° + 10° - 3/100 \text{ ossia a } 18° - 3/100.$$

Sia isolata anche la boccia *C*, e sia applicata alla sua armatura esterna una terza boccia *B* colla tensione $+ 5°$ (le nuove bocce che si aggiungono giova qui considerarle applicate alle precedenti dalla banda esterna di queste, al contrario di quanto si èra operato poc'anzi). Con una siffatta applicazione la tensione di *B* scenderà alcun poco, e si propagherà per attuazione fino all'interno della *D*, ridotta però qualche pochetto ancor più piccola, p. e. ridotta a $+ 5° - 4/100$, precisamente come se *C* e *D* fossero scariche; ed aggiungendosi questa tensione a quella che già mostrava la *D*, avremo in essa $23° - 7/100$.

Se verrà applicata anche una quarta boccia *A*, carica, p. e., a $+ 7°$, questa sua tensione diminuita alcun poco pel toccamento del sistema delle altre bocce, e diminuita in seguito ancor più nel venire trasmessa dall'una all'altra di queste ultime, arriverà sino all'armatura interna della *D*,

ove aggiungendosi alla tensione che già essa *D* mostrava, avremo in questa, p. e.,

$$(23^\circ - 7/_{100}) + (7^\circ - 9/_{100}), \text{ ossia } 30^\circ - {}^{16}/_{100}.$$

E il discorso si può continuare fino a qualunque numero di bocce.

Aggiungendo una boccia carica in meno, la tensione di essa, diminuita nel modo già accennato, viene anch' essa a manifestarsi nell'interno della *D*, e a scemare di altrettanto quella che la *D* mostrerebbe senza cotale nuova boccia. Dopo quest' aggiunta, si può applicarvene in simile modo delle altre elettrizzate o in più o in meno, e sempre si avrà nella *D* o aggiunta o diminuzione di tensione, nel modo già veduto.

Di questa addizione delle tensioni può trarsi molto partito nella graduazione degli elettrometri. Ed ha essa luogo colla stessa legge anche ne' quadri.

1147. *Delle cariche conseguenti.* Avendo parecchie bocce, si possono caricar tutte contemporaneamente nel seguente modo. Si adatta un filo di ferro ricurvo, a modo di uncino, al fondo dell' armatura esterna di ciascuna boccia; quindi appesane una al conduttore della macchina, se ne attacca una seconda all'uncino inferiore della prima, una terza all' uncino inferiore della seconda, ec. Poscia mettendo l' armatura esterna dell' ultima in comunicazione col terreno, si fa lavorare la macchina; e con ciò si vengono a caricare contemporaneamente tutte quante, la prima colla elettricità somministrata direttamente dalla macchina, la seconda colla elettricità ceduta dall' armatura esterna della prima, la terza coll' elettricità data dall'armatura esterna della seconda, e così di seguito fino all' ultima, dalla cui armatura esterna l' elettricità passa al terreno. Questa maniera di caricare le bocce, immaginata primamente da Franklin (1), viene dai Francesi detta *par cascade*, e dal Beccaria *per cariche conseguenti* (2).

(1) Priestley, *Histoire de l'Électricité*, T. 1, p. 305.
(2) *Elettricismo artificiale*, p. 96.

A tutto rigore le quantità d'elettrico formanti le cariche di queste bocce non sono tutte fra loro uguali, ma vanno progressivamente decrescendo, al partire dalla boccia comunicante col conduttore della macchina. Perocchè, supponendo che la carica sia positiva, sfugge dall'armatura esterna della prima boccia una quantità d'elettrico un po' minore di quella stata introdotta nell'armatura interna della boccia medesima. Infatti se dopo finito di caricare si staccasse una tal boccia dal rimanente dell'apparecchio con tutta la di lei elettricità, ella mostrerebbe anche nell'armatura esterna, come meglio vedremo fra poco, una viva tensione positiva; ora questa tensione dovrebbe mancare affatto, anzi dovrebbe avervene una leggiera di specie contraria, quando l'armatura esterna avesse perduto tanto elettrico quanto ne acquistò l'interna. E questo elettrico sfuggito non passa tutto all'interno della seconda boccia, anche quando le armature di questa sieno bene isolate l'una dall'altra; giacchè se ne perde una piccola porzione intanto che si fa lavorare la macchina, e una porzione ancor più piccola si ferma nell'uncino inferiore di essa prima boccia; e così a operazione finita l'interno della seconda boccia viene a contenere minore quantità d'elettrico che l'interno della prima. Per la stessa ragione la carica della terza boccia è appena minore di quella della seconda, e così di seguito. Però quando i vetri sieno sottili, e la stagione asciutta, e ben liscie le superficie metalliche esposte all'aria, la differenza fra la carica di una boccia e quella della successiva è piccolissima, non minore, p. e., di $^1/_{100}$ o di $^1/_{150}$ della più grande di esse cariche; ed è tanto più piccola quanto più le bocce sono lontane dal conduttore della macchina.

Le tensioni che queste bocce manifesterebbero, venendo separate l'una dall'altra per mezzo di manichi isolanti e quindi venendo messe esternamente in comunicazione col terreno, sono prossimamente recipro-

che alle corrispondenti capacità, non essendolo esattamente in conseguenza dell' anzidetta degradazione delle cariche dall'una boccia all'altra. Supponiamo, per un esempio, che le quattro bocce B', B'', B''', B'''' appese la prima alla macchina, la seconda alla prima, ec., abbiano le capacità 6, 4, 3, 8 rispettivamente; e che la tensione della prima sia di 12° di un qualche regolare elettrometro, e però la carica sia misurata da 6 . 12, ossia da 72; le altre mostrerebbero tensioni leggermente minori di $^{72}/_{4}$, $^{72}/_{3}$, $^{72}/_{8}$, ossia di 18, 24, 9 rispettivamente; per es. mostrerebbero $18^{\circ} - {}^{1}/_{6}$, $24^{\circ} - {}^{1}/_{3}$, $9^{\circ} - {}^{1}/_{4}$.

Le tensioni però che queste bocce presentano mentre stanno unite, sono, ad eccezione di una, molto diverse dalle predette, in grazia della successiva addizione veduta poc' anzi. Nell' esempio or ora citato, la boccia B'''' mostra la sua propria tensione, p. e. di $9^{\circ} - {}^{1}/_{4}$; la B'' mostra la propria con quasi tutta intera quella di B'''', p. e. di $33^{\circ} - {}^{7}/_{12} - {}^{1}/_{48}$; la B'' mostra la somma delle tensioni proprie di B'', B''', B'''', meno una differenza un po' più grande della precedente, p. e. ella mostra la tensione $51^{\circ} - {}^{9}/_{12} - {}^{1}/_{8}$; e la B' finalmente coll' elettrometro annesso alla macchina mostra la somma delle tensioni proprie di tutte e quattro le bocce, con una differenza ancor più grande, per es. ella mostra $63^{\circ} - {}^{9}/_{12} - {}^{1}/_{4}$, ossia 62°; di maniera che nelle quattro bocce si hanno, nell' esempio addotto, le tensioni

$$8^{\circ}\ {}^{3}/_{4},\quad 32^{\circ}\ {}^{19}/_{48},\quad 50^{\circ}\ {}^{1}/_{8},\quad 62^{\circ}.$$

Conoscendosi le capacità delle varie bocce, non è difficile il prevedere qual debba essere presso a poco l'indicazione del detto elettrometro della macchina, corrispondentemente a una data carica comunicata alla prima boccia.

Chiamiamo infatti

Q questa carica,

C', C'', C''', . . $C^{(m)}$ le capacità delle varie bocce. Saranno prossimamente

$$\frac{Q}{C'}, \frac{Q}{C''}, \frac{Q}{C'''}, \dots \frac{Q}{C^{(m)}}$$

le tensioni corrispondenti alle loro cariche; e la tensione indicata dal suddetto elettrometro sarà poco minore di

$$Q \left\{ \frac{1}{C} + \frac{1}{C'} + \frac{1}{C''} \dots + \frac{1}{C^{(m)}} \right\}.$$

Similmente conoscendosi la capacità delle bocce e l'indicazione del suddetto elettrometro, è facile a conoscersi quali siano prossimamente le cariche, presso a poco uguali, delle varie bocce.

È però da avvertire che questa quasi eguaglianza di carica fra le varie bocce esige che le armature di ciascuna sieno bene isolate l'una dall'altra (1). Perocchè se in qualche boccia viene a trascorrere un po' d'elettrico dall'armatura interna all'esterna (ritenendo il supposto che le bocce vengano elettrizzate in più), la carica di essa viene a risultar minore di quella di tutte le altre, sì delle antecedenti che delle seguenti. In queste altre poi le cariche non vengono sensibilmente disturbate da un siffatto accidente, non accadendo di riconoscibile che una diminuzione nelle tensioni mostrate dalle bocce antecedenti.

Possiamo qui osservare che quando le bocce son molte, non si può caricarle validamente se non nel caso che la macchina sia assai possente. Perocchè ad ogni poco che essa macchina abbia lavorato, sorge nell'interno della prima boccia una tal tensione che impedisce ogni nuova comunicazione d'elettrico (2).

Volendo separare queste bocce l'una dall'altra dopo caricate, converrà cominciare dall'ultima ossia da quella più lontana dal conduttore, e passare gradatamente alla penultima, alla terzultima, ec.; con che non avviene che esse si scarichino. Anzi nell'impugnare la penultima, e nel togliere alla sua armatura esterna

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, § 254.
(2) *Ibid.* § 253. Priestley, *Histoire* ec., I, 305.

quel poco elettrico che apparentemente vi sovrabbonda, passa qualche poco di questo fluido dall' esterno della terzultima all'interno della detta penultima, qualche poco altresì ne passa nello stesso istante dall' esterno della quartultima all' interno della terzultima, e così di seguito, passandone in fine qualche poco dal conduttore della macchina all' interno della prima. E una cosa somigliante avviene dopo staccata la penultima boccia, quando si impugna la terzultima, ec.

1148. Molte questioni si possono presentare relativamente a queste cariche conseguenti. Eccone qualche esempio.

Problema 1.° *Alle due Bocce scariche* A e B, *aventi ciascuna la capacità* 1, *e unite come mostra la fig.* 109, *si vuol mettere in comunicazione, nel modo indicato dalla figura medesima, la Boccia carica* C, *avente la capacità* 2. *Quanto perderà questa della sua carica?*

Dopo stabilita la comunicazione fra *C* ed *A* rimarrà a *C* una tensione uguale a quella acquistata da *A*, e quest' ultima sarà doppia di quella che corrisponde alla sua carica. Per conseguenza la carica che resterà a *C* sarà quadrupla di quella acquistata da *A*; e *C* avrà perduto il quinto della sua carica primitiva. Torno però ad avvertire che questi rapporti sono soltanto approssimati.

È facile il generalizzare il Problema a un numero qualunque di bocce scariche, e a qualunque rapporto fra le capacità di tutte le bocce impiegate.

1149. Problema 2.° *Caricare due Bocce contrariamente con cariche equivalenti.*

Si collochi una delle bocce su d' un isolatore (fig. 114) coll'esterna armatura in comunicazione col conduttore positivo di una macchina elettrica, e al suo uncino si applichi quello dell'altra boccia impugnata esternamente colla mano; quindi si metta in azione la macchina, ed è ottenuto l' intento.

In questa sperienza se le due bocce sono ugualmente capaci, la carica di ciascuna corrisponde a metà della tensione indicata dall' elettrometro annesso alla macchina.

Osservazione. Le cariche conseguenti possono praticarsi

anche coi quadri frankliniani, e valgono anche per essi le medesime dottrine.

1150. *Maniere diverse per ottenere nelle Bocce delle cariche forti con macchine deboli.*

Ciò torna vantaggioso in molti casi e specialmente allorquando si hanno delle macchine elettriche atte a dare molta copia d'elettrico nelle basse tensioni, ma incapaci a procurare tensioni forti (p. 57). Noi comincieremo a vedere come si possa ciò ottenere colle macchine fornite di un conduttore unico, il quale per fissar le idee supporremo che dia l'elettricità positiva.

Problema 1.° *Con una macchina fornita del solo conduttore positivo e con due Bocce di Leida, ottenere una tensione maggiore di quella che la macchina può dare direttamente.*

Siano A e B le due bocce, ed I un isolatore (fig. 115). Si comincia a caricare la boccia A in più e la B in meno (§ 1064) sino alla massima tensione di cui la macchina è capace. Si pone quindi la A sull'isolatore I, le si applica esternamente l'uncino della B impugnata colla mano, e fatto comunicare l'interno della A col conduttore della macchina, si pone questa in moto. Siccome la B tenderà a togliere elettrico all'esterno della A, così la macchina potrà dare altro fluido all'interno di essa A e accrescerne la carica.

Quando le bocce sieno equivalenti, si viene con questo mezzo ad accrescere la carica della A come 1 a 1 $^1/_2$. Perocchè nell'unire l'uncino della B coll'esterno della A isolata, l'armatura interna di questa si porta apparentemente alla tensione 0°; e per tornare alla tensione primitiva dee ricevere dalla macchina un'altra mezza carica; il che è tutto ovvio a vedersi colle dottrine delle cariche conseguenti.

La boccia B viene con questa operazione ad aver perduto la metà della sua carica negativa. Quando perciò si abbia un altro isolatore su cui posarla, per prenderne poscia in mano l'uncino e restituirle la primiera tensione negativa, si potrà di nuovo adoperarla nel modo precedente per aumentare d'un'altra piccola quantità la tensione della A; la qual tensione, nel detto supposto delle capacità uguali, potrà con ciò aumentarsi nella ragione di 1 $^1/_2$ a 1 $^3/_4$.

E rinnovando l'operazione un'altra volta, e un'altra ancora, si andrà mano mano avvicinando essa tensione al doppio di quella che può esser data dalla macchina.

1151. Problema 2.° *Ottenere il medesimo intento colla macchina a un solo conduttore, e con tre Bocce di Leida.*

Si carichino due grandi bocce *A* e *B*, l'una in più e l'altra in meno, alla massima tensione che può dare la macchina; e pigliata una terza boccia *C* assai minore di ciascuna di esse, si metta questa su di un isolatore, e se ne pongano in comunicazione le due armature cogli uncini delle due *A* e *B* comunicanti esternamente col suolo (fig. 116). Dopo stabilita una tale comunicazione, ciascuna delle armature della *C* mostrerà quella tensione che rimarrà alla boccia secolei comunicante; e perciò essa *C* verrà ad avere acquistata una carica corrispondente alla somma delle tensioni che rimarranno ad *A* e a *B*.

Ricaricando di nuovo le bocce *A* e *B* come prima, e ristabilendo quindi le stesse comunicazioni fra esse e la *C*, la carica di questa si aumenterà, avvicinandosi gradatamente al doppio di quella che potrebbe aversi direttamente dalla macchina. Anzi con questa ripetizione di operazioni non fa bisogno, per ottenere l'intento, che le bocce *A* e *B* siano assai maggiori della *C*, potendo anche essere uguali, ed anche minori. In questi ultimi casi è utile il preparare la *C* già carica alla massima tensione che le può esser data dalla macchina.

1152. *Altra maniera.* Si carichino tre bocce *A*, *B*, *C* tutte in più; si pongano le due *B* e *C* su d'un medesimo isolatore con le armature esterne fra loro comunicanti (figura 117); quindi impugnata la *A* colla mano, se ne metta l'uncino in comunicazione con quello della *B*, mentre coll'altra mano si mette istantaneamente in comunicazione l'interno della *C* col terreno. Che se le bocce son grandi, e non si amino le scosse, in luogo delle mani si sostituiscano degli opportuni scaricatori.

Con questa operazione, se le tre bocce *A*, *B*, *C* sono equivalenti, si aggiunge alla *B* un terzo della carica che essa già aveva. Se infatti noi supponiamo toccato prima l'uncino della *C*, viene l'esterno di questa a mostrare una tensione negativa uguale alla precedente positiva di essa boccia,

e l'interno della B si riduce apparentemente a o°, come si ha dalle dottrine dell'addizione delle tensioni, avendo luogo quest'addizione anche allorquando una delle bocce sia applicata a rovescio. Nell'unire poi la boccia A colla B, rimane ad A una tensione uguale a quella acquistata dalla B, e quest'ultima tensione è doppia di quella corrispondente alla porzione di carica ricevuta: dunque la B viene ad aver ricevuto metà della quantità di carica rimasta ad A, cioè un terzo della carica primitiva di questa.

1153. *Altra maniera più efficace.* Dopo caricate alla massima tensione che si può le tre bocce A, B, C collocate su di un isolatore I (fig. 118), e delle quali le A e B comunicano per le armature esterne, si pigli la C per l'uncino, e ne ponga il ventre in comunicazione coll'uncino della B, come è indicato dalla punteggiatura, e quindi si segniti a caricare la A finchè si può. Ciò fatto, si rimetta la C sull'isolatore, e si ripristinino le cariche di essa e della B, senza toccare la A; dopo di che si prenda una seconda volta la C per l'uncino, e se ne torni ad applicare il ventre all'uncino della B, e si accresca di nuovo la carica della A. Seguitando così più volte si porta la carica della A presso al triplo della grandezza primitiva.

Quest'ultima maniera si potrebbe estendere a un numero di bocce assai più grande e con un effetto assai maggiore, mediante una macchinetta la quale stabilisse alternativamente ora le comunicazioni indicate dalle linee nere, affine di caricare tutte le bocce B, C, D, ec. (fig. 119), ed ora quelle indicate dalle linee punteggiate, affine di aumentare la carica della A.

Passiamo adesso a vedere come le cariche si possano rinforzare per mezzo della macchina a doppio conduttore.

1154. Problema 4.° *Colla macchina a due conduttori e con un sufficiente numero di Bocce sussidiarie, caricare una data Boccia a una tensione assai maggiore di quella che si può ottenere direttamente colla macchina.*

Sia A la boccia in cui si vuol rinforzare la carica (figura 120) B, B', B'', B''', C, C', C'', C''', ec. le bocce sussidiarie. Si isoleranno le B, B', B'', ec. ad eccezione dell'ultima, e si disporranno in modo che l'esterna armatura di ciascuna sia in comunicazione coll'uncino della seguente.

Si farà lo stesso colle bocce C, C', C'', ec. E quindi si metterà l'uncino della B in comunicazione coll'interno della A, posta anch'essa su di un isolatore, e l'uncino della C in comunicazione coll'armatura esterna della A medesima. Ciò disposto, si eseguiranno le seguenti operazioni:

1.° Si metteranno in comunicazione col terreno, per mezzo di opportuni fili conduttori, le esterne armature di A e di B; si unirà l'interno loro col conduttore positivo, e si farà lavorare la macchina; e con ciò la A verrà caricata a quel punto che colla macchina si può direttamente.

2.° Si toglierà la comunicazione dell'esterno della A col terreno e si stabilirà quella dell'esterno della C col terreno medesimo, rimanendo ancora in cotal comunicazione l'esterno della B. Quindi, operando nel modo insegnato per le alternazioni doppie (§ 1067), si farà alternativamente comunicare ora il conduttore negativo della macchina coll'interno della C, ed ora il positivo della medesima coll'interno della B, facendo a ciascuna volta lavorar la macchina; e queste alternative si ripeteranno sino a che si cessi di potere col loro mezzo dar nuovo elettrico a B e toglierne a C. E con ciò, quando le due elettricità si possano ottenere di ugual forza, verrà la carica pressochè a raddoppiarsi.

3.° Si toglieranno le comunicazioni delle armature esterne di B e di C col terreno, e si faranno in vece comunicare col terreno le armature esterne di B' e di C'; quindi si farà comunicare ora il conduttore positivo della macchina coll'interno di B', ora il negativo coll'interno di C', ripetendo molte volte queste alternative, e facendo lavorare ogni volta la macchina.

4.° Si restituirà l'isolamento alle B', C', e in vece si metteranno in comunicazione col terreno le armature esterne di B'' e di C'', e si porrà alternativamente per più volte ora l'interno di B'' in comunicazione col conduttore positivo, ora l'interno di C'' in comunicazione col conduttore negativo, mettendo in azione ciascuna volta la macchina.

5.° Ritolte le comunicazioni col terreno alle bocce B'' e C'', si proseguirà l'operazione colle B''', C'''; quindi la si proseguirà colle seguenti; e così fino a che si avranno bocce sussidiarie. E con ciò la carica della A andrà continuamente

crescendo, insino a che non si venga a perdere tanto per dispersione quanto si va aggiungendo colle operazioni indicate.

Non mi trattengo a mostrare, per mezzo del calcolo, secondo qual legge dovrebbe aumentarsi la carica, stantechè i risultamenti di esso calcolo non possono aver luogo esattamente, atteso il disperdersi dell' elettricità il quale non si può ben computare.

1155. *Cenni storici.* La scoperta della boccia di Leida forma una delle principali epoche nella storia dell' elettricità. Il fenomeno più sorprendente ch' ella presenti, cioè la scossa ch' ella dà a chi col proprio corpo mette in comunicazione le due armature, è dovuto al caso, a somiglianza di molti altri; e venne primieramente fatto conoscere al pubblico da una lettera di Musschenbroek allora professore a Leida, partecipata da Réaumur all'Accademia di Parigi nel gennajo del 1746, e nella quale esso Musschenbroek dice, che mentre con un suo amico egli cercava di elettrizzar l'acqua contenuta in un vaso di vetro, avendo l'un d'essi toccato il conduttore della macchina intanto che coll'altra mano teneva esternamente il vaso dell'acqua, ne ricevette con estrema sorpresa una fortissima scossa. Però, secondo Allamand, dimorante similmente a Leida, la prima scoperta si dee a un certo Cuneo, pure di quella città, il quale vi arrivò accidentalmente mentre si occupava a ripetere in sua casa delle sperienze di elettricità (*). Se ne sparse poi in brevissimo tempo la fama per l'intera Europa; tutti i fisici ripeterono la sperienza, ne studiarono le diverse circostanze, e rapidamente ne perfezionarono la teoria. Dopo nulladimeno che tutti attribuivano questa scoperta agli Olandesi, si è trovato che intorno a quel medesimo tempo, vale a dire verso la fine del 1745, un fisico tedesco per nome Kleist, di Kamin in Po-

(*) *Memorie dell'Accad. di Parigi pel* 1746, p. 1, 2, 3.

merania, aveva fatto anch' esso alcune osservazioni somiglianti, le quali si asseriscono partecipate alle Accademie di Berlino (1) e di Danzica (2), e che vennero comunicate al pubblico nel 1746 per opera del professore Krüger di Halla (3). Probabilmente il merito dell' invenzione si dee tanto ai primi che al secondo: però la maggior parte dell' Europa ne dovette la cognizione agli Olandesi, dai quali la notizia passò in Francia, in Inghilterra, in molta parte della Germania, in Italia, in Russia, ec. (4).

Essendosi tutti i fisici di quel tempo applicati vivamente a studiare un fenomeno cotanto singolare, ne vennero in breve, come dicemmo, condotte a grande perfezione sì le dottrine sperimentali che le teoreti-

(1) La comunicazione all' Accademia di Berlino dev' essere stata soltanto verbale, giacchè ne' suoi Atti non si trova menzione alcuna del fenomeno in questione sino a quelli dell' anno 1756 (pag. 119), dove Epino, nato anch' esso in Pomerania, chiama un tale fenomeno col nome di *Esperimento di Leida*; il qual nome torna egli ad usarlo nel suo celebre *Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi*, stampato a Pietroburgo nel 1758, a p. 80.

(2) *Versuche und Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Dantzig*, 1747. Part. I, p. 512. Si asseriscono fatte queste osservazioni fino dall' 11 ottobre 1745, e comunicate a un Accademico di Danziga il 28 novembre 1745 e il 24 febb. 1746, e ripetute da Gralath il 5 marzo di quell' anno. Non si vede però espresso quando siasi da Kleist provata la prima volta la scossa.

(3) Gehler's, *Phys. Wörterb. neu bearb.*, art. *Flasche*, p. 396. Krüger's *Geschichte der Erde*, Halle, 1746, p. 177. La dedica di quest' ultimo libro porta la data del 9 aprile 1836, e alla pagina citata si trova una lettera di Kleist senza data, nella quale si descrivono parecchie sperienze di elettricità, e fra queste (a p. 178) vedesi chiaramente indicata la così detta boccia di Leida.

(4) Ecco alcune altre testimonianze, oltre alle già vedute dell' Accademia di Parigi e di Epino.

Lettera di Trembley, letta alla R. Società di Londra il 13 febbrajo 1746, inserita nelle *Phil. Trans.* di quell'anno, a p. 59.

Lettera di Winkler, professore a Lipsia, scritta il 3 maggio 1746, e inserita nelle *Phil. Trans.*, 1746, a p. 211.

Richmann ne' *Novi Commentarii* dell' Accademia di Pietroburgo per gli anni 1752 e 1753, t. IV, p. 317.

che. Franklin dimostrò che mentre va caricandosi la faccia interna, si va spogliando di fluido naturale la esterna, secondo lui di altrettanto. Epino diede la giusta spiegazione di questo spogliamento, e mostrò per qual causa la boccia di Leida sia incomparabilmente più capace che un conduttore ordinario della stessa grandezza, facendo dipendere il tutto dalle attrazioni e ripulsioni cui è sottoposto il fluido elettrico. Rettificò egli inoltre le idee di Franklin, dimostrando che il fluido perduto dall'armatura esterna è in quantità appena minore di quello acquistato dalla interna (1). Gralath a Danzica (2) e Watson in Inghilterra (3) unirono insieme più bocce, facendone le *Batterie;* e il primo di questi scoperse il residuo delle scariche. Nollet immaginò di far passare la scarica attraverso a più persone, estendendo la prova sino a 180 persone, e colla scossa uccise degli animali; però con istrana ostinazione non volle ammettere la dottrina del caricarsi contrariamente le due opposte facce. Volta infine colle sue belle sperienze sul condensatore rese chiarissime e palpabili le dottrine di Epino sulla grande capacità de' coibenti armati.

Delle Batterie.

1156. *Batterie formate di Bocce.* Gli effetti delle scariche delle bocce si vengono ad ingrandire oltre misura coll'unire insieme un gran numero di esse bocce, delle quali sieno fatte comunicare fra loro tutte le armature interne e fra loro tutte le esterne: e queste unioni di bocce si dicono *Batterie* (p. 257).

Si sogliono per lo più usare in questi casi delle

(1) *Tentamen* ec., p. 84.
(2) Gehler's *Physik. Wörterb. neu bearb.*, art. *Flasche*, p. 398.
(3) Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 164.

bocce a collo assai largo, vale a dire delle *giare*, delle quali, per formare una batteria, se ne uniscono ordinariamente parecchie entro una cassa rettangolare divisa in varii scompartimenti quadrati, entro a ciascun de' quali si pone una di cotali giare. Ognuna di queste è munita di un tubo metallico che scende sino a comunicare coll'armatura interna, e che sorge sino ad unirsi con un maggior tubo orizzontale, mediante il quale vengono a comunicare insieme le giare di tutta una fila; e diverse file somiglianti, messe in comunicazione l'una coll'altra, formano l'intera batteria. Quella rappresentata dalla fig. 121 è formata da 16 giare divise in quattro file, con de' tubi orizzontali EE, ai quali fanno capo le giare di ciascuna fila, e i quali alle estremità sono terminati da palle affinchè l'elettricità men facilmente si disperda. I tubi delle diverse file possono esser messi in comunicazione l'uno coll'altro col mezzo di altri tubi trasversali FG, $F'G'$, $F''G''$, attaccati ciascuno mediante un anello a uno de' tubi precedenti, e terminati essi pure con palle.

Se si vogliono far comunicare insieme tutte quante le giare, non si ha che a disporre questi tubi trasversali nel modo indicato dalla figura, dove ciascun tubo mette la fila delle giare a cui è attaccato, in comunicazione colla fila che vien dopo andando lontano dall'osservatore. Volendo unirne dodici sole, si rovescia indietro il tubo FG, oppure il tubo $F''G''$, con che si separa dalle altre la prima ovvero l'ultima fila. Volendo farne due corpi di 8 ed 8, si rovescia indietro il secondo tubo $F'G$. Il fondo di ciascuno scompartimento è coperto di un pezzo di foglia metallica, sul quale posa l'esterna armatura della giara rispettiva; e le foglie metalliche de' diversi scompartimenti comunicano tutte fra loro e altresì con un bottone metallico che sporge da una delle pareti laterali e che nella batteria rappresentata dalla figura è indicato da H.

Nelle grandi batterie si trovano unite insieme di-

verse delle descritte cassette, in modo da comunicare fra loro le diverse armature interne, e fra loro le esterne. Fra siffatte grandi batterie tengono luogo distinto quelle costrutte da Van-Marum ad Harlem. Una di esse consisteva in nove cassette, ciascuna di 15 giare, essendo ogni giara armata per l'estensione di circa un piede quadrato inglese, talchè fra tutte formavano un'estensione armata di circa 135 piedi quadrati. Vi aggiunse poscia altre sei cassette simili, con che ridusse la batteria a 225 giare aventi fra tutte un'estensione armata di 225 piedi quadrati, e le quali colla sua poderosa macchina egli giungeva a caricare compiutamente in 160 giri. In fine egli costruì un'altra batteria ancora più grande, formata di 100 giare del diametro di un piede, alte da 22 a 23 pollici, e armate per l'altezza di 18 a 19 pollici; le quali perciò avevano ciascuna circa cinque piedi quadrati e mezzo di superficie armata, e fra tutte insieme formavano un'estensione armata di 550 piedi quadrati (*).

Consiglia però Priestley di non impiegar giare troppo grandi, ma di adoperarne piuttosto un maggior numero di piccole. Perciocchè rompendosene o screpolandosene alcuna, il danno è men grave; e d'altronde si può rinchiudere in minore spazio una maggiore quantità di superficie armata; e a ciò si aggiunge che le giare di piccolo diametro possono essere di pareti più sottili, ed avere perciò, a pari estensione armata, una maggiore capacità per l'elettrico. Vorrebbe egli che il diametro di ciascuna giara non fosse maggiore di tre pollici. Una batteria di cui egli era assai contento, consisteva in 64 giare del diametro di 2 ½ pollici, alte 8 pollici (computando probabilmente la sola al-

(*) Gehler's *Physik. Wörterb. neu bearb.*, art. *Batterie*, p. 947. Non si dice ivi di qual grossezza fosse il vetro. Pare però che fosse alquanto grosso, quello almeno della prima batteria posseduta da esso Van-Marum, giacchè Volta il bramava più sottile (*Collezione delle opere*, tom. II, parte II, pag. 200).

tezza dell' armatura), armate sino alla distanza di un pollice e mezzo dagli orli, e aventi ciascuna un mezzo piede quadrato di estensione armata, talchè fra tutte formavano un'estensione armata di 32 piedi quadrati (tutto a misura inglese) (1).

1157. Per misurare la capacità delle batterie serve il metodo proposto da Cavendish, e da noi già fatto conoscere (§ 1056). Con questo misurò esso Cavendish la capacità di una batteria da lui adoperata in diverse importanti sperienze sulla scossa della torpedine. Consisteva questa batteria in sette file di bocce, ciascuna delle quali file constava di sette bocce ed equivaleva a 15 3/4 volte una lastra di vetro armata per l'estensione di 100 pollici quadrati e grossa 55 millesimi di pollice, il tutto a misura inglese: dai quali dati si ricava che tutta la batteria aveva la capacità di 54 1/2 piedi quadrati francesi di un vetro armato grosso mezza linea.

È da osservare che la capacità di una batteria è uguale alla somma delle separate capacità delle bocce o giare componenti, giacchè avvicinando più bocce cariche, non influiscono esse l'una sull' altra come i conduttori semplici, ma seguitano a mostrare ciascuna la stessa tensione di prima, e conservano perciò la stessa totale capacità (§ 1046).

1158. Nello scaricarsi delle batterie, o artificialmente o spontaneamente, avviene spesse volte che qualcuna delle giare si rompa (2). Si dee allora levar fuori cotal giara e sostituirvene un'altra buona, o almeno continuare le sperienze senza quella; altrimenti la batteria non si potrebbe più caricare, passando liberamente l'elettrico dalle armature interne alle esterne attraverso alla giara spezzata. Nel fare perciò le batterie conviene unir le giare per modo da potere all' uopo

(1) *Histoire de l'Électricité*, tom. III, p. 69 e 70.
(2) *Ibid.* p. 299 e seg.

levar fuori con facilità qualunque di esse, per riconoscere qual sia la guasta da doversi togliere.

Io non so se dai fisici siasi ancora assegnata la causa di questa facilità delle giare al rompersi quando si scaricano le batterie. Io stimerei che almeno in molti casi ella nasca dall' aumentarsi momentaneamente la carica in alcune di esse giare. Cominciamo a supporre che si abbiano tre uguali bocce *A*, *B*, *C* (fig. 122) su di una tavola isolante, delle quali comunichino insieme le due *A* e *B* per le armature interne, e le due *B* e *C* per le esterne; e che dopo averle caricate tutte e tre positivamente, se ne operi la scarica coll'appoggiare all'esterno della *A* l'arco metallico *M* non isolato, e coll'avvicinar questo al bottone della *C* sino a ottenerne la scintilla. È chiaro che l' interna armatura della *C* perderà una porzione della sua carica, cedendola all'esterna della *A*; intanto l'esterna armatura di *C* chiamerà a sè una parte del fluido naturale che aucor resta nell'esterna armatura della *B*, e nel tempo stesso la *A* darà una porzione della sua carica alla *B*, precisamente come si è già veduto al § 1152.

Abbiansi ora le medesime tre bocce *A*, *B*, *C*, ma in esse comunichino fra loro e col terreno semiconduttore le tre armature esterne, e fra loro le tre interne (fig. 123); però sia ampia e comoda la comunicazione fra l'interno di *A* e quello di *B*, e scarsa e difficile quella fra l'interno di *B* e l'interno di *C*; e in vece sia scarsa e difficile la comunicazione fra l' esterno di *A* e quello di *B*, ed ampia e comoda quella fra l' esterno di *B* e quello di *C*; e sia similmente eseguita la scarica col mettere in vicendevole comunicazione l'esterno di *A* coll' interno di *C*. Avverrà che in sul principio l' elettrico effluirà assai più abbondantemente dalla boccia *C* che non dalle due *A* e *B*; di maniera che l' armatura esterna della *C* toglierà elettrico all'armatura esterna della *B*; e intanto il fluido accorso all'esterno di *A*, anzichè passare all' esterno di *C* a cui ha difficile comunicazione, si fermerà intorno ad essa *A*, facendo che una parte della carica interna di questa passi all' interno di *B*. E così la boccia *B* verrà per un istante aumentata di carica; dal quale aumento potrà agevolmente venire spezzata la boccia.

Sarà poi molto maggiore il pericolo quando siano parecchie le bocce che tendono a togliere elettrico all'esterno della *B*, e parecchie quelle che tendono a darne all'interno della medesima, essendo allora la *B* nel caso di una piccola boccetta le cui armature sieno in comunicazione con due bocce assai grandi cariche contrariamente.

In conseguenza di tutto ciò io stimerei ottimo, per ovviare a queste rotture, di procurare che tutte le armature interne possano mandare colla stessa facilità il loro fluido sovrabbondante allo scaricatore, e che questo possa farlo arrivare a tutte le armature esterne pure colla stessa facilità. Pel medesimo oggetto di evitare le rotture, Nairne suggerisce di non iscaricar mai le batterie con conduttori metallici che sieno più corti di cinque piedi (*). Con questa precauzione non riesce troppo impetuoso il passaggio del fluido elettrico, e la tensione fra le varie bocce ha maggior campo di scemare in tutte equabilmente.

Perchè le giare non si spezzino durante la carica o dopo, giova cessare dal far girare la macchina, quando nelle foglie metalliche de' diversi scompartimenti si ascolta un certo strepito (del quale io non saprei bene indicar la ragione), ovvero quando l'elettrometro a quadrante è salito sino a 50° o a 60°, ovvero quando nel presentare un lungo conduttore isolato alle verghe metalliche congiungenti le interne armature delle giare, questo ne cavi una scintilla alla distanza di mezzo pollice. Dev'essere isolato questo conduttore, affinchè con una siffatta scintilla esso non tolga alla batteria che una piccola porzione della carica, proporzionale alla scarsa di lui capacità. Possiamo poi osservare che il massimo grado di tensione a cui può esser recata una batteria da una data macchina, supponendo che il caricamento non venga interrotto da rottura nè da carica spontanea, è alquanto minore del grado a cui può esser recata una semplice boccia o giara colla macchina medesima nelle medesime circostanze; perocchè nella batteria ha luogo una più abbondante dispersione.

Tornando poi un momento alle rotture e alle scariche spontanee delle giare nelle batterie, aggiungeremo essersi

(*) Gehler's *Physik. Wörterb. neu bearb.*, art. *Flasche*, p. 393.

osservati, specialmente da Priestley, alcuni singolari fatti de' quali non si sa ancora dar buona ragione, e che meriterebbero d'essere di nuovo studiati. Su di che si può consultare la *Storia dell'Elettricità* di questo celebre fisico (1).

1159. *Batterie formate di Quadri.* Le Batterie si possono anche formare con de' quadri frankliniani sovrapposti l'uno all'altro; però essi non sono guari adoperati a quest'uopo, essendo poco atti a conservare l'elettricità. Si potrebbe però ovviare a questo inconveniente col sigillarne le armature (2); al che mi parrebbe assai comodo il metodo seguente.

Si congiungano insieme due quadri lasciando frammezzo una sola armatura, cioè quella che si vuol tenere isolata, e saldando i due vetri con un sottile strato di ceralacca tutto all'intorno di una tale armatura, lasciando però di questa una piccola linguetta che arrivi sino all'orlo de' vetri stessi per poter comunicare coi corpi esterni, e avendo riguardo di lasciare non armato all'esterno di essi vetri un piccolo spazio in vicinanza dell'estremità di cotal linguetta, rivestendo in vece questo spazio con una buona vernice isolante. Veggasi la fig. 124, dove *ABCD* rappresenta l'armatura interna, ed *mnp* la parte non armata della superficie esterna del vetro anteriore. Un siffatto doppio quadro equivale in capacità all'unione de' due quadri che si potrebbero fare con quelle due lastre di vetro adoperate separatamente e munite entrambe di armature isolate uguali alla *ABCD* (§ 1047); ed ha esso il vantaggio di conservare assai meglio la carica. Volendosi una maggiore capacità, si uniscono insieme parecchi di cotali doppii quadri, ponendoli colle facce a vicendevole combaciamento, e mettendoli in mutua comunicazione col mezzo di una verga trasversale metallica appoggiata alle estremità delle varie lin-

(1) T. III, pag. 295 e seg.
(2) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, pag. 139, § 335.

guette; e in que' luoghi dove si verrebbero a combaciare due armature esterne, una di esse si ommetta pure, non essendo necessaria.

Merita qui d'essere citata una batteria eseguita da Nicholson con 12 fogliette di mica, aventi ciascuna un' estensione armata di soli due pollici quadrati, e formanti fra tutte una grossezza di 3 linee soltanto: benchè di sì poco volume equivaleva essa in capacità a 7 piedi quadrati (verisimilmente a misura inglese) di vetro da finestra armato (*).

1160. *Usi delle Batterie.* Servono esse in generale a ingrandire gli effetti presentati dalle semplici bocce. Possono esse dare delle fortissime scosse, uccidere animali, e produrre durevoli lesioni nel corpo umano. Di qui è che nel maneggiarle si esige una grande precauzione, affine di evitare che si scarichino attraverso al nostro corpo; e le scariche debbono eseguirsi con iscaricatori bene isolati, nei quali sia impedita ogni comunicazione colla mano. Esse inoltre arroventano e fondono de' fili metallici, disperdendoli talvolta in minuti globetti fusi, spezzano de' legni ed altri corpi. Ma di questi e d'altri effetti noi parleremo di proposito nel Capo XI, destinato appunto a considerare gli effetti operati dalla trasfusione del fluido elettrico.

(*) Gehler's *Physik. Wörterb. neu bearbeitet*, art. *Flasche*, p. 356; citando gli *Annali* di Gilbert, t. XXIII, p. 272.

CAPO VI.

ULTERIORI APPLICAZIONI DELLE DOTTRINE DELLE INDUZIONI RECIPROCHE: DEL CONDENSATORE, DELL'ELETTRICITÀ VINDICE E DELL'ELETTROFORO.

Del Condensatore.

1161. Chiamasi col nome di *Condensatore* uno stromento immaginato da Volta, e destinato ad accogliere e ad accumulare in sè e a rendere poscia sensibile l'elettricità di debolissima tensione, di cui non potrebbero dare indizio i più delicati elettrometri (1). Consiste esso in generale in una lamina metallica, la quale può essere collocata vicinissima e talora a contatto di un altro corpo o conduttore o anche semicoibente, e acquistare con tal mezzo una grande capacità per l'elettrico, e ne può quindi venire staccata, e diminuire con ciò nuovamente di capacità, e mostrare in un modo sensibilissimo l'elettricità acquistata.

I due pezzi dello strumento sono in generale disposti orizzontalmente; in qualche caso però si pongono anche verticali (2). Qualunque poi sia la loro disposizione, quello che raccoglie in sè l'elettricità si suol chiamare *Piatto Collettore*, e l'altro il *secondo Piatto.* Nel caso particolare della disposizione orizzontale si suole altresì chiamar *Base* il pezzo collo-

(1) Vedi la relativa memoria del Volta nella *Collezione delle opere*, T. I, Part. I, p. 221; e le lettere anonime del medesimo ad Aldini inserite negli *Annali di Chimica* di Brugnatelli, t XVI, p. 51, anno 1798, e riconosciute da esso Volta per sue nella *Collezione delle opere*, t. II, Part. II, p. 178 e altrove; come pure vedi l'articolo *Condensator der Elektricität* nel nuovo *Dizionario Fisico* di Gehler.

(2) Singer, *Elementi di Fisica e Chimica elettrica*, pag. 99, fig. 19.

cato inferiormente, e *Scudo* quello posto al di sopra, qualunque di essi faccia da Collettore (*).

Ritenuta, per fissar le idee, la disposizione orizzontale, i condensatori si possono costruire in tre maniere, cioè:

1.ª A base semicoibente posta a immediato contatto collo scudo (fig. 125):

2.ª A base conduttrice separata dallo scudo per mezzo di un intervallo d'aria (fig. 126):

3.ª A base similmente conduttrice, ma separata dallo scudo mediante un sottile strato coibente (fig. 127).

1162. Ne' condensatori della prima maniera, i quali furono i primi costruiti da Volta, può servire di base un piano di marmo asciutto, una tela, della carta pergamena, una tavola di legno, ec., tutti bene asciutti e comunicanti col terreno. Posando su questi un disco metallico munito di manico isolante, e messo quindi in comunicazione colla sorgente di quella debolissima elettricità che si tratta di rendere sensibile, viene una parte di questa a comunicarsi a esso disco; e siccome nel corpo semicoibente sottoposto viene a smuoversi e a sfuggire il fluido naturale, il quale, nel supposto che l'elettricità comunicata sia positiva, è spinto all'ingiù, parte venendo trasmesso dalle molecole superiori alle inferiori e parte smovendosi semplicemente entro le rispettive molecole; e siccome da ciò vien nello scudo abbassata notabilmente la tensione ed accresciuta la capacità; così la sorgente dell'elettrico, quando abbia capacità bastevole, può seguitare a mandarvene e ad accumularvene una quantità assai più grande di quella che gli potrebbe comunicare mancando la base. E questa quantità d'elettrico sorge poi a una tensione mólto più forte quando lo scudo o piatto collettore viene sollevato e ridotto alla sua primitiva piccola capacità; la quale tensione

(*) Volta, nelle citate lettere ad Aldini.

può allora essere riconosciuta da un elettrometro comune anche non sensibilissimo, col quale esso piatto collettore venga di poi messo in comunicazione.

Questa foggia però di condensatore ha bisogno di grandi cautele nella scelta e nella preparazione de' semicoibenti, affinchè questi non sieno nè tanto conduttori da togliere l'elettricità comunicatasi allo scudo, e nemmeno tanto coibenti da rendere difficili gli smovimenti già detti e da non moltiplicare perciò a sufficienza la tensione elettrica. Oltre a ciò, quantunque siffatti condensatori sieno idonei a rendere sensibilissime le deboli elettricità, può però la loro forza variare dall'un tempo all'altro, secondo il grado di conducibilità che il semicoibente può acquistare pel diverso stato igrometrico dell'aria. Perciò essi vennero generalmente abbandonati e suppliti da altri.

1163. Lichtenberg, Mayer (1) e Cavallo (2) immaginarono di prendere due semplici lamine metalliche nude e ben piane, tenute a piccola distanza l'una dall'altra per mezzo di goccioline di ceralacca o d'altro coibente, o anche tenute affacciate con un particolare meccanismo, senza frapposizione di nessun corpo. Però questa seconda maniera non serve utilmente che allorquando non si abbia bisogno di grande sensibilità; giacchè quando si desiderasse un sommo ingrandimento di tensione, e si tenessero perciò vicinissime le lamine suddette, potrebbe assai facilmente o un pelo deferente o un contatto prodotto da qualche pressione far comunicare insieme esse lamine, e renderle inette all'ufficio.

Con tutto ciò, essendo giovevole l'avere più condensatori di diversa sensibilità, possono essere assai utili anche quelli costruiti a questa seconda maniera,

(1) Gehler's *Physik. Wört. neu bearbeitet*, art. *Condensator*, pag. 229.

(2) *Ibid.* p. 230. Singer, nel luogo citato.

tanto più che manca in essi il pericolo che vi si affigga un'elettricità straniera, e che è più costante il rapporto secondo cui ingrandiscono le tensioni. Si è già parlato di essi nel Capo IV alla p. 211.

1164. Venne adunque pe' condensatori più delicati data la preferenza all'ultima maniera, immaginata pure da Volta; la quale, come abbiamo premesso, consiste nel frapporre a due lamine metalliche perfettamente piane uno strato coibente sottilissimo.

Le due lamine sogliono prendersi di ottone, di forma circolare, del diametro di tre a quattro pollici, e grosse una buona linea affinchè non siano soggette a piegarsi; vengono ridotte pianissime nelle due superficie che si debbono combaciare, collo smerigliare l'una lamina sopra l'altra; e se ne rotondano gli orli perchè sia men facile la dispersione dell'elettricità. Si munisce poi la superiore di un manico isolante, e la inferiore di un piede, il quale, perchè lo strumento serva a un maggior numero di sperienze, giova che esso pure sia isolante (fig. 126).

Per lo strato coibente molti fanno uso di ceralacca sciolta nello spirito di vino; ne danno una mano a modo di vernice sull'una e sull'altra lamina; e dopo che i due strati coibenti sono asciutti, sovrappongono l'una lamina all'altra, rivolgendo essi due strati l'un contro l'altro; e con ciò è bello e fatto il condensatore, il quale è tanto più sensibile quanto più son sottili cotali due strati. È utile che questi sieno due, perchè avvenendo che l'una delle due lamine perda qualche poco del suo strato e rimanga scoperta in qualche punto, può allora supplire lo strato dell'altra lamina a impedire il passaggio dell'elettricità. Un altro vantaggio si è, che essendo d'una medesima natura le due superficie combaciantisi, più difficilmente possono elettrizzarsi l'una l'altra per la compressione o per qualche accidentale sfregamento.

Alcuni preferiscono due strati d'ambra gialla, per-

chè si mantengono più durevolmente aderenti. Io mi trovo contento della vernice copal, della quale do una mano abbondante sull'uno de' piattelli o lamine, reso previamente pulitissimo ed asciutto, e ve la stropiccio sopra da tutte le parti; quindi asciugo leggermente esso piattello con carta da scrivere, affine di togliere il soprappiù della vernice e lasciarne soltanto uno strato sottilissimo; in fine scaldo il piattello stesso, allo scopo di levare, per mezzo di una più perfetta fusione, le striscie lasciatevi dalla carta e rendere più pronto l'essiccamento; e in seguito fo la stessa cosa coll' altro piattello.

Il manico dello scudo serve ad alzar quest' ultimo e a metterlo in comunicazione con un elettrometro o a pagliette o a foglie d'oro, affine di riconoscere la specie e la tensione della raccolta elettricità.

1165. Per mostrare l'efficacia di questa maniera di condensatore può servire la seguente sperienza (*).

Sopra il piede isolante *P* (fig. 128) si adatta il piatto circolare *A* di ottone del diametro di sei o sette pollici, cogli orli ricurvati all'ingiù, e ricoperto superiormente di uno strato di ceralacca. A questo piatto se ne sovrappone un altro *B* pur di ottone e circolare, cogli orli ricurvati all'insù, e munito superiormente di un manico isolante *M*: può ommettersi in questo secondo piatto lo strato di ceralacca, bastando quello del primo piatto quando sia abbastanza grosso.

Ciò preparato, si pone in comunicazione il piatto *A* con una boccia di Leida carica leggierissimamente, talchè l'uncino non attragga sensibilmente i corpicelli leggieri, non muova sensibilmente un elettrometro a pagliette, sia affatto incapace a dare scintilla visibile a un dito accostato, ec.; e intanto che ha luogo que-

(*) Si è voluto combinare l'apparecchio descritto da Volta nella *Collez.*, t. I, Parte I, p. 119 e 120, colle sperienze esposte da lui un po' dopo a p. 242.

sta comunicazione, si tiene il piatto *B* congiunto col terreno. Ritolte dopo qualche piccolo tempo queste comunicazioni di *A* colla boccia e di *B* col terreno, e lasciati ancora uniti i due piatti, si hanno segni elettrici debolissimi in *A* e nessuno in *B*. Ma provando ad alzare il piatto *B*, subito si manifestano in questo e nel piatto *A* de' vivi segni di elettricità contrarie, cioè in *A* de' vivaci segni dell'elettricità della boccia, e in *B* de' segni similmente assai vivaci dell'elettricità opposta, esercitando ambi i piatti delle forti attrazioni verso i corpi leggieri, delle vive azioni sull'elettrometro, ec. E se la tensione della boccia era prima alcun poco sensibile, si arrivano anche ad avere da *A* e da *B* delle buone scintille; e in tale caso adattando ad essi piatti due punte smussate *S*, *T*, alle estremità di queste appariscono nell'oscurità il fiocco e la stelletta, secondo la natura della rispettiva elettricità. Il che tutto mostra la grande carica che ha potuto ricevere la lamina *A* quando aveva vicina la *B* comunicante col terreno.

Ma torniamo ai condensatori di minori dimensioni e a strati coibenti sottilissimi, quali si adoperano negli usi pratici; e veggiamo in qual modo si usino.

1166. Quando il piede dello strumento non è isolante, l'elettricità vien sempre raccolta dal piattello superiore o scudo. Quando però esso piede è isolante, si può indifferentemente adoperare a tal uopo sì l'un piattello che l'altro. Volendo usare il superiore, convien mettere intanto l'inferiore in comunicazione col suolo, tenendogli, p. e., a contatto un dito bagnato; e allora il superiore venendo, dopo ricevuta l'elettricità, staccato e presentato all'elettrometro, manifesta cotale elettricità con una tensione molto maggiore. Volendo in vece raccogliere l'elettricità col piatto inferiore, si mette in comunicazione col suolo il superiore, e poscia, dopo somministrata l'elettricità e dopo levata l'anzidetta comunicazione col suolo, il piatto superiore alzato mostra all'elettrometro un'e-

lettricità contraria a quella della sorgente elettrica, ma similmente con un grande aumento di tensione, cioè quasi collo stesso aumento come quando l' elettricità vien raccolta dal piatto superiore medesimo. Sia infatti il piatto superiore, quando venga ad esso somministrata l'elettricità, atto a mostrare ingrandita 100 volte la tensione. Anche l'inferiore, quando sia esso quello che riceve l'elettricità, mostrerà dopo caricato e abbandonato dal superiore, una tensione 100 volte più grande di quella della sorgente; e in questo caso il superiore manifesterà un'elettricità contraria dotata d'una tensione 99 ½ volte maggiore; perciocchè appunto 99 ½ parti di contraria elettricità, indotte nel piatto superiore dalla presenza delle 100 nell'inferiore, servono a tenere avvinte e dissimulate 99 di queste 100 parti, lasciandone libera una sola che è quella che manifestavasi prima dell'allontanamento de' piatti.

1167. *Elettrometro-Condensatore.* Riesce assai comodo l'adattare le due ultime specie di condensatore all' elettrometro medesimo, sia questo a pagliette, o a foglia d'oro (*). Si unisce al cappello metallico di cotale elettrometro l'inferiore piattello del condensatore collo strato di vernice volto all' insù, ovvero, se si vuole lo strumento a intervallo d'aria, con sopra i tre pezzetti coibenti che servono a tenere separato lo

(*) Quest'utile applicazione venne immaginata da Volta verso il 1783, cioè un anno dopo pubblicata la memoria sul condensatore, e ne fu data notizia al pubblico con una lettera scritta nel 1787 al professore Lichtenberg di Gottinga e stampata nel 1788 nel vol. I della *Biblioteca Fisica* d'Europa di L. Brugnatelli (Vedi anche la *Collezione delle opere* di Volta, t. I, Part. II, p. 49). Verso la medesima epoca del 1783 Saussure aveva immaginato di aumentare i segni dell'elettricità col far servire da collettore il fondo metallico del suo elettrometro (*Collez.*, tomo e parte cit., p. 50). E Bennet applicò anch'esso il condensatore al suo elettrometro a foglia d'oro prima di conoscere la somigliante applicazione già fatta dal Volta (*Phil. Trans.*, 1787, Par. I, p. 52).

scudo; al quale oggetto esso cappello suol avere un foro a madrevite atto a ricevere una corta vite annessa al detto inferiore piattello del condensatore. Quindi si sovrappone lo scudo munito del suo manico isolante. Quando si vuol raccogliere l'elettricità col piattello inferiore, gli si salda lateralmente un cilindretto metallico munito di una palletta all'estremità (fig. 129), per poter mettere facilmente questo piattello in comunicazione coi corpi che debbono somministrare l'elettricità. Però in molti casi può risparmiarsi cotal cilindretto, strofinando direttamente il corpo che dee dare l'elettricità, colla parte nuda del piatto collettore, intantochè con un dito bagnato si pone il piatto superiore o scudo in comunicazione col suolo.

Si può anche far servire da collettore il piattello superiore, munendolo, se si vuole, del menzionato cilindretto metallico colla sua palletta; e allora l'inferiore messo in comunicazione col terreno viene a caricarsi contrariamente, e a mostrare questa sua carica col mezzo dell'elettrometro dopo tolta la comunicazione col terreno e dopo alzato lo scudo: in questo secondo caso la carica è un tantino più debole, sì per esser sempre le cariche indotte alcun poco minori delle inducenti, e sì per la presenza delle pagliette o delle fogliette d'oro; però è una differenza che si può trascurare, se una maggiore comodità consiglia piuttosto quest'ultima maniera. Abbiasi infatti un inesausto magazzino di elettricità, dotata, p. e., della tensione 1, e si cominci a usar da collettore il piattello inferiore: riceveranno un po' d'elettricità le pagliette, p. e. la quantità $^1/_4$, e il piattello inferiore ne riceverà una quantità, p. e., come 100, della quale una porzione come 99 verrà dissimulata da una contraria carica, grande come 99 $^1/_2$, indottasi nello scudo; talchè il piattello inferiore colle annesse pagliette possederà la quantità 100 $^1/_4$. Facendo in vece servir da collettore lo scudo, questo pren-

derà 100 parti di elettricità omologa a quella della sorgente, e ne farà accorrere 99 $^1/_2$ per induzione nel piattello inferiore, senza che n' acquistino quantità sensibile le pagliette; e perciò la carica che si avrà in questo secondo caso starà a quella del caso precedente, come 99 $^1/_2$ a 100 $^1/_4$.

Acquista l'elettrometro coll' aggiunta del condensatore una sensibilità meravigliosa, e può manifestare in un modo visibilissimo delle tensioni sì deboli che altrimenti sfuggirebbero affatto; il che si può riconoscere in molte guise, p. e. col cimentare delle cariche ridotte piccolissime co' metodi indicati al § 1143, coll' esplorare i minimi residui delle bocce scaricate più volte dopo una carica, ec.

1168. Abbiamo esposto a p. 212 come si possa per mezzo dell'elettrometro condensatore verificare l'eguaglianza delle tensioni di due bocce. Supponendo che il lettore abbia presente quanto ivi si è detto, ecco la ragione della pratica insegnata.

Abbiano le due bocce ugual tensione, e precisamente l'abbiano uguale dopo messe in comunicazione co' rispettivi piatti del condensatore, talchè ponendo allora per un istante in vicendevole comunicazione questi due piatti, non venga a passare elettrico dall' uno all' altro. In tal caso staccate le bocce e allontanati i piatti, si avrà nello strumento una diminuzione di tensione, per lo cessare dell' azione attuante dell'un piatto sul- l' altro.

Abbia ora la boccia A la tensione p, e la boccia B la tensione $p + q$. Stabilita la comunicazione delle due bocce co' due piattelli dell' elettrometro-condensatore, la carica di A, e quella parte della carica di B la quale è causa della tensione p, si comporteranno come nel caso or ora veduto. Ma l'altra porzione di carica della B, che per fissar le idee noi supporremo elettrizzata in più, si comunicherà in parte al piattello contiguo, scacciando dal piattello opposto una

quantità d'elettrico quasi eguale, e spingendola nell'armatura interna dell'altra boccia, mentre dall'esterno di questa ne passerà quasi altrettanto al terreno, precisamente come nelle cariche conseguenti. E così i due piattelli oltre alle elettricità omologhe ne riceveranno due contrarie, che si renderanno sensibilissime nell'allontanare essi piattelli, e turberanno le indicazioni dello strumento.

Per giudicare ne' diversi casi particolari della delicatezza di questa pratica, si cominceranno a ridurre le due bocce alla stessissima tensione col farne strisciare insieme gli uncini bagnati dopo averle caricate; quindi si leverà ad una di esse un centesimo o due centesimi della sua carica, mediante il toccamento di un conduttore semplice, e così ridotte si porranno a cimento coll'elettrometro-condensatore.

1169. Un'altra maniera molto semplice e comoda di *Elettrometro-Condensatore*, immaginata anch'essa da Volta, consiste nell'adattare all'elettrometro un unico piattello metallico che debba far da collettore, e nel sovrapporre a questo le quattro dita di una mano dall'indice al mignolo, fasciate insieme da un largo anello di taffettà. Serve quest'ultimo di strato coibente, e la mano fa le veci del secondo piattello destinato ad aumentare la capacità del collettore. Un siffatto strumento è dotato di una sensibilità pari e anche maggiore di quella che si ha co' più sottili strati resinosi, forse perchè lo smovimento dell'elettrico nelle molecole del taffettà riesce più agevole che nella ceralacca e negli altri coibenti di cui si suol rivestire la superficie de' piattelli. Però il taffettà, se è appena umido, può facilmente lasciarsi attraversare alcun poco dall'elettricità; nel qual caso egli è bensì utile per le sorgenti inesauste e prontissime, qual sarebbe il toccamento de' metalli dissimili, ma non è utile per le sorgenti non capacissime e per quelle che somministrano l'elettricità con lentezza; non serve, p. e., ad

esplorare i minimi residui delle bocce di Leida, per difetto di capacità in queste: in tali casi è meglio ricorrere agli strumenti fatti con istrati resinosi.

Al taffettà si può anche sostituire un pezzo di marmo o qualunque altro di que' corpi coibenti che possono servir di *base* alla prima specie di condensatore. Su di che può leggersi ciò che ne dice il Volta (1).

Ad uso poi di condensatore ordinario può anche servire l'elettroforo, adoperando per collettore il suo scudo; e questo fu anzi uno de' primi mezzi proposti da Volta (2), il quale però confessa di essere in ciò stato preceduto da Cavallo (3).

1170. *Modo di misurare la sensibilità di un Elettrometro-Condensatore.* Importa molto il sapere quanta sia la sensibilità o la forza di questo strumento, vale a dire il conoscere quante volte esso ci mostri più grande la tensione di quello ch'ella è realmente nel corpo che si cimenta. Ora ecco uno de' modi per conseguire questa cognizione.

Si dee avere una batteria, ove le bocce abbiano in perfettissima comunicazione vicendevole le armature interne e in comunicazione pure perfettissima le esterne, e inoltre cotali bocce sieno affatto scevre da ogni antecedente elettricità; la quale ultima condizione si ottiene col tenere per molto tempo, anche per cinque o sei giorni, in perfetta vicendevole comunicazione le armature interne colle esterne; e se ne ha certezza allorquando, sospesa per qualche tempo, e. g. per un'ora, questa comunicazione, e quindi esplorato lo stato delle armature interne col condensatore medesimo, non vi si riscontra il minimo indizio di elettricità. E si dà a cotale batteria una scintilla o due con un elettroforo o con uno spinterometro, e si guarda quale indicazione dia l'elettro-

(1) *Collezione delle opere*, T. I, Part. II, p. 51.
(2) *Ib.* T. I, Part. I, p. 224.
(3) *Ib.* T. I, Part. I, pag. 245, citando il *Trattato completo d'Elettricità* di Cavallo, pag. 494, della traduzione di Firenze del 1779. In quanto però al vero condensatore, lo stesso Cavallo il dice in più luoghi un'invenzione di Volta (*Phil. Trans.* 1788, p. 7 e 255).

metro-condensatore dopo aver fatto comunicare per qualche breve tempo il suo piatto collettore con le armature interne di essa batteria e l'altro piatto con le armature esterne, e dopo aver quindi ritolte queste comunicazioni e separato il secondo piatto. Poscia si danno alla batteria medesima tante altre simili scintille quante bastano a far sì che lo stesso elettrometro mostri direttamente, ossia senza il condensatore, quello stesso numero di gradi. E il rapporto fra il total numero delle scintille date alla batteria in questa seconda prova e il numero di quelle poche date a principio, mostra quante volte la tensione venga aumentata dal condensatore medesimo.

A tutto rigore però deesi avvertire che nella prima prova una parte della carica della batteria, p. e. $^1/_{50}$ o $^1/_{60}$ di essa, viene altresì partecipata al collettore del condensatore, e che quindi non tutta viene allora posseduta dalla batteria stessa, ma soltanto, ne' detti esempii, per $^{49}/_{50}$ o per $^{59}/_{60}$: conviene perciò paragonare questi $^{49}/_{50}$ o questi $^{59}/_{60}$ della elettricità data nella prima prova colla quantità totale data nella seconda prova, se si vuole una misura esatta della forza dello strumento. Per riconoscere poi in qual proporzione si ripartisca l'elettricità fra il condensatore e la batteria, può usarsi il metodo di Cavendish, cercando quante volte debba farsi comunicare essa batteria col detto condensatore, affinchè le indicazioni di questo arrivino alla metà grandezza. Sono però queste delle diligenze superflue, stante la poca precisione che si può sperare in cotale determinazione della sensibilità di un condensatore.

In questa ricerca si può anche far uso di semplici bocce di Leida. Si comincia a dare una scintilla d'un elettroforo ad una boccia di capacità misurata: quindi mediante una opportuna ripartizione della sua carica con altre bocce si riduce questa carica a $^1/_{10}$, a $^1/_{20}$, ec. di quello ch'ella è, cioè a quella piccolezza che per isperienze preliminari si sarà conosciuta necessaria, perchè cada ne' limiti in cui può servire il condensatore; e si osserva quanti gradi faccia questo segnare all'elettrometro. Quindi si ricerca quante scintille faccian bisogno alla boccia medesima, perchè cimentata direttamente collo stesso elettrometro mostri il medesimo numero di gradi. In questo metodo però è assai necessario il

sapere in qual proporzione si ripartisca l'elettricità fra la boccia e il condensatore; e cotal cognizione si può desumere dalla successiva degradazione che ha luogo nelle indicazioni di questo strumento, togliendo da esso la boccia e poi scaricandolo, quindi rimettendovi di nuovo in comunicazione essa boccia e scaricandolo un'altra volta, ec. Per maggiore esattezza si dovrebbe altresì cercare come si ripartisca la carica fra la boccia e l'elettrometro semplice, al che potrebbe servire il più volte menzionato metodo di Cavendish; ma quest'ultima cautela è affatto superflua.

Vogliansi poi usare le bocce ovvero le batterie, è indispensabile l'aspettare un tempo secco; il che è un'avvertenza generale per tutte le sperienze elettriche delicate.

1171. Ho detto poc'anzi che non si può pretendere molta precisione in queste misure. Qualche pulviscolo infatti che talora tenga le due lamine più lontane dell'ordinario, un diverso grado di pressione delle medesime, o un diverso modo di sovrapposizione (in forza del quale una data parte della lamina superiore, che sia, p. e., appena più sporgente delle rimanenti, può corrispondere ora ad uno ed ora ad altro luogo di quella inferiore), possono subito far variare la sensibilità dello strumento. E se il piatto comunicante col terreno è supplito da un corpo semicoibente, può altresì variare cotale sensibilità dall'un tempo all'altro, secondo i varii gradi di secchezza di esso semicoibente. E nelle tensioni appena forti si aggiunge che mentre si allontanano i piattelli, l'elettricità si dissipa assai agevolmente o nell'aria o lungo i sostegni. Da tutto ciò conchiuderemo che in generale la sensibilità di questo strumento non è costante, e che le sue indicazioni sono soltanto approssimative: però nelle tensioni più deboli, e in ispecie quando lo strumento è ad intervallo d'aria, esse indicazioni sono discretamente regolari.

1172. *Avvertenze.* È d'uopo esser provveduti per lo meno di tre condensatori diversamente sensibili, uniti per maggiore comodità a degli elettrometri; vale a dire, 1.° di un condensatore che aumenti la tensione da 15 a 25 volte; 2.° di uno che la aumenti da 60 a 80 volte, e questi due annessi ad elettrometri a pagliette; 3.° di uno più delicato che sia possibile (e Volta asserisce averne trovati di quelli atti ad ingrandir le tensioni sino a 300 volte (*)), e que-

(*) *Collezione delle opere*, T. II, Part. II, p. 182.

sto adattato a un elettrometro a foglia d'oro. Con questi e co' diversi elettrometri semplici di più o men grande sensibilità (vedi il Cap. VIII) noi possiamo misurare tutte le tensioni che possono occorrere nelle ordinarie sperienze.

Pel condensatore meno delicato io adopero due piattelli metallici a intervallo d'aria, frammezzandovi in tre punti quattro doppii di taffettà formanti tre pilastrini, in ciascun de' quali il pezzo superiore volge all'insù la faccia non inverniciata, affinchè esso non si attacchi alla lamina superiore; questi quattro doppii mi danno la grossezza di circa un millimetro, i dischi hanno circa il diametro di un decimetro, e la tensione (essendovi annesso un elettrometro a pagliette) mi viene ingrandita circa 20 volte. Pel secondo mi servo similmente di due piattelli a intervallo d'aria, separati però da tre soli pezzi di taffettà collocati ad uno ad uno in tre punti disposti a triangolo equilatero; e la tensione mi si raddoppia circa 80 volte. Il più delicato è a piattelli rivestiti di un sottilissimo strato di vernice copal, ovvero ad anello di taffettà.

1173. Non si debbono dare al collettore delle cariche troppo forti. Altrimenti ne' condensatori a intervallo d'aria può passare l'elettricità dall'un piatto all'altro; e in quelli a strato coibente interposto, se la tensione dopo la separazione de' piatti supera i 15 o i 20 gradi dell'elettrometro a pagliette, può essa elettricità imprimersi nell'uno o nell'altro strato coibente, e rendere fallaci le indicazioni nelle ulteriori sperienze. In quel piatto infatti che viene ad elettrizzarsi in più, sia per comunicazione ovvero per induzione, l'elettrico si trova attratto verso l'altro piatto elettrizzato in meno; e in forza di tale attrazione, ajutata dalla ripulsione delle proprie parti, può esso elettrico penetrare alcun poco nel rispettivo strato coibente e ivi fermarsi, o anche attraversare un tale strato, e tragittare e trattenersi nello strato del piatto opposto. E similmente nel piatto negativamente elettrizzato la parte metallica può togliere elettrico dal rispettivo strato coibente e imprimere in questo un'elettricità negativa, e può anche trarre elettrico dall'altro strato e rendere questo elettrizzato in meno.

Per intendere come questa elettricità impressa possa rendere fallaci le indicazioni, immaginiamo che nella superior

superficie dello strato coibente del piattello inferiore vengano impresse 20 parti di fluido sovrabbondante. Sovrappostovi l'altro piattello, e fatti comunicare entrambi con due dita umide, quelle 20 parti ne scacceranno, p. e., 12 dalla più prossima superficie del rispettivo piatto metallico, e 8 dalla più prossima superficie dell'altro piatto; e dico 12 in quella superficie e 8 in questa, attesa la diversa distanza di esse superficie dalla detta elettricità impressa. Alzando ora il piatto superiore, mostrerà questo una deficienza di 8 parti, e l'inferiore una sovrabbondanza pure di 8 parti che sono la differenza fra le 20 parti impresse e le 12 scacciate. Ora se, riuniti nuovamente i due piatti, verrà l'un d'essi messo in comunicazione con qualche sorgente di elettricità straniera, le indicazioni cagionate da questa si associeranno con quelle prodotte dalla precedente, e compariranno notabilmente alterate.

Per ovviare al pericolo di questo inconveniente, quando occorra di esplorare qualche tensione assai debole si dee cominciare ad assicurarsi che ella non è sensibile direttamente nemmeno all'elettrometro a foglia d'oro, poscia si fa uso del condensatore meno delicato, e si passa indi gradatamente agli altri.

1174. Un inconveniente dello stesso genere può nascere allorquando nel posare l'un piattello sull'altro, vengono questi a strofinarsi vicendevolmente. Allora succede quasi sempre che i due strati coibenti si elettrizzano l'uno in più e l'altro in meno, e d'una elettricità durevole; e ne nascono inesattezze simili alle già dette.

1175. Allorquando non siansi potuti schivare cotali inconvenienti, e siasi impressa dell'elettricità nell'uno o nell'altro strato o in entrambi, si dee assolutamente cercare di levarla. Al qual uopo un mezzo che riesce assai pronto è quello di scaldare i piattelli sopra la fiamma di una candela, tenendo la faccia metallica nuda rivolta all'ingiù verso la fiamma. Ad assicurarsi se cotale elettricità impressa sia svanita, serve il toccare con due dita umide i rovesci de' due piatti posati l'uno sull'altro, e osservare se questi staccati danno ancora qualche indizio di elettricità. Può però l'elettricità esser sì debole da non muovere sensibilmente l'elettrometro, e turbare nulladimeno leggermente i risul-

tamenti; così avviene, p. e., negli elettrometri-condensatori a pagliette, quando l'elettricità impressa non arriva alla tensione di un grado. Per assicurarsene si fa servir da collettore, per una medesima sorgente inesausta d'elettrico, prima l'un piattello e poi l'altro, e si osserva se lo strumento dà uguali o differenti indicazioni; in questo secondo caso si dee ricorrere di nuovo alla fiamma della candela.

A questo rimedio decsi pur ricorrere quando siasi dovuto levar la polvere che fosse caduta sull'uno o sull'altro degli strati coibenti. Però è d'uopo guardarli da cotal polvere, tenendo i due piattelli coperti l'uno coll'altro, e maneggiando lo strumento con riguardo. Questa polvere infatti impedisce il necessario contatto de' piattelli, e ove questi si premano l'uno contro l'altro, solca e danneggia gli strati coibenti.

1176. Allorquando il corpo che somministra l'elettricità al collettore è anch'esso metallico e diverso di natura dal collettore medesimo, l'elettricità data a questo può venire accresciuta o diminuita dal contatto de' due metalli, come avremo occasione di vedere a suo tempo. Giova perciò in questo caso interporre fra essi metalli una carta o una stoffa bagnata, le quali fan cessare ogni effetto di questo genere, per quanto almeno può riescir dannoso nelle ordinarie sperienze (*).

1177. Ne' casi in cui l'elettricità affluisce lentamente al piatto collettore, p. e. allorquando questo è in comunicazione con spranghe metalliche elevate all'alto degli edificii per raccogliere l'elettricità atmosferica, o quando il corpo che dà l'elettrico non è ottimo conduttore, conviene lasciar uniti i piattelli per qualche tempo, cioè per parecchi secondi, per un minuto, per due, per dieci, ec., secondo che l'esperienza avrà mostrato esser bisogno. Perocchè in questi casi l'elettricità continua ad accumularsi fino a un certo punto.

1178. Importa assaissimo che il conduttore il quale guida l'elettricità al collettore, e quello che mette l'opposto piatto in comunicazione col terreno, non abbiano la minima interruzione: altrimenti l'elettricità, attesa la sua debolissima tensione, potrebbe venire trattenuta nel suo cammino.

(*) Volta, *Collezione delle opere*, t. II, Part. II, p. 176.

1179. Non può servire questo strumento se non nel caso che la sorgente dell'elettricità o sia indeficiente o almeno abbia una capacità molto maggiore che il collettore adoperato isolatamente; nel qual caso questo collettore, avendo vicino e non isolato l'altro piatto, può ricevere assai maggiore carica che essendo solo, e ingrandire assai la tensione. Non è così se la sorgente ha una capacità o uguale o poco maggiore o anche minore di quella del collettore adoperato da solo, non potendo allora questo raccogliere e rendere sensibile quello che non vi è: in tal caso nel passare l'elettricità al collettore divenuto capacissimo per la contrapposizione dell'altro piatto, la tensione s'indebolisce assaissimo; e sebbene ella torni a rialzarsi coll'allontanamento del suddetto altro piatto, non può oltrepassare gran fatto la tensione primitiva.

Per ovviare a questo difetto e riconoscere le piccolissime tensioni anche ne' corpi di scarsa capacità, può farsi uso di due condensatori, all'uno de' quali sia unito un elettrometro, adoperandoli come segue. Siano A, B i piatti dell'un condensatore, A', B' que' dell'altro, e di questi ultimi sia A' annesso all'elettrometro (fig. 130). Si comincia a porre il piatto A in comunicazione colla sorgente S, e il piatto B' in comunicazione col terreno; quindi con un dito bagnato si tocca momentaneamente la superficie superiore del piatto B, e poscia levato il dito si alza esso piatto e si mette in perfetta comunicazione con A'; si riporta quindi esso B su A, lo si tocca di nuovo momentaneamente col dito, e di poi lo si trasporta una seconda volta a contatto di A'; e così si prosegue per un gran numero di volte. Con ciò si ha infine nel piatto A' un grande cumulo di elettricità contraria a quella di A, trasportatavi da B ne' varii contatti, senza che la sorgente S debba somministrare altra elettricità ad A. Questa elettricità poi accumulata in A' rendesi sensibile collo scostare da ultimo il piatto B' (*).

Non solo questa pratica serve per le sorgenti poco capaci, ma anche per quelle capacissime e indeficienti, quando

(*) Questa pratica era già stata in parte suggerita da Cavallo. Volta, *Collezione delle opere*, T. I, Part. I, p. 269.

queste sieno di una tensione sì piccola, che gli ordinarii condensatori non giungano a renderla sensibile. In questo ultimo caso giova che i due piatti *A* e *B* sieno assai più ampii di *A'* e di *B'*; con che viene a raccogliersi ne' primi molto maggior copia di elettricità da accumulare poscia ne' secondi, abbreviando così il numero de' toccamenti necessarii.

È però inutile, anzi dannosa, quest' ampiezza per le sorgenti poco capaci; giacchè essa non può far aumentare sensibilmente la quantità dell' elettricità portata a ciascuna volta da *B* ad *A'*, ed anzi fa riuscire men forte la tensione finale in cotale piatto *A'*, rifiutando questo di ricevere nuova elettricità allorquando la tensione che in esso ha luogo standovi sovrapposto *B'*, arriva ad uguagliare la tensione di *B* sollevato.

Sono però qui necessarie molte diligenze per evitare l' elettricità che può nascere dal contatto de' corpi eterogenei. È d' uopo in primo luogo unire la sorgente *S* col primo piatto *A* mediante un corpo umido, e precisamente di umidità acquea e non già d' altro liquido conduttore, giacchè questo potrebbe più facilmente portarvi qualche straniera elettricità. In secondo luogo dovrebbe esser bagnato d' acqua comune anche il dito o in genere il corpo che tocca di volta in volta il piatto *B*, per metter questo in comunicazione col terreno. In terzo luogo i due piatti *B* ed *A'* debbono essere della stessa qualità di metallo, e per maggiore sicurezza possono mettersi in comunicazione vicendevole per mezzo di un corpo umido sovrapposto ad un' estremità del piatto *B*. In fine giova che anche il piatto *B'* si trovi unito per mezzo di un corpo umido col conduttore che stabilisce la comunicazione col terreno. E per assicurarsi della sufficienza di queste cautele, si può provare previamente l' apparecchio, mettendo il piatto *A* in perfetta comunicazione con un corpo affatto privo di elettricità, vale a dire col terreno umido.

1180. In questi casi di tensione estremamente piccola o di assai piccola capacità si può altresì far uso, e molto più comodamente, del *Duplicatore*. È questo una macchinetta, mediante la quale una piccolissima carica data dapprincipio a uno de' pezzi, viene con un opportuno movimento

gradatamente ingrandita e ridotta sensibilissima agli elettrometri. Venne esso inventato da Bennet e perfezionato da Nicholson e da altri, e se ne può vedere la descrizione nelle opere citate a piè di pagina (*).

Io darò qui la descrizione di un Duplicatore fatto in una maniera alquanto diversa da quelli finora conosciuti, il quale mi pare più efficace ne' suoi effetti, e serve a rischiarare la descrizione della *Macchina ad attuazione* di cui si parlerà in fine del presente Capitolo.

ABCDE, *A'B'C'D'E'* (fig. 131) sono due lamine metalliche portate dai sostegni di vetro *P* e *Q*, piegate lungo le linee *AE*, *A'E'*, lunghe 5 pollici da *A* in *E* e da *A'* in *E'*, larghe 2 1/2 pollici nelle direzioni *AB*, *A'B'* e aventi il vano interno da *B* in *C*, e da *B'* in *C'* largo pollici 1 1/2;

e, *g* sono due fili metallici elastici attaccati internamente alle lamine precedenti, di forma spirale con una estremità rettilinea: uno di essi è rappresentato a parte nella fig. 132.

L, *M* (fig. 131, 133) sono due dischi metallici del diametro di un pollice e mezzo, portati da un bastoncello di vetro che può girare intorno all'asse *FH* mediante il manubrio *I* portato dal piede di legno *K*: sono essi muniti de' quattro fili metallici trasversali *x*, *y*, *x'*, *y'* (fig. 133), due per ciascuno, de' quali fili i due *x*, *x'* più lontani dall'asse *FH* possono urtare ne' fili *e*, *g* quando i dischi nel loro girare entrano nelle concavità delle lamine *AD*, *A'D'*.

tus (fig. 131 e 134) è un robusto filo metallico, portato dal sostegno isolante *uv* (fig. 131), il qual filo è più sottile verso i due capi ed ha ivi una forma spirale con brevi estremità rettilinee, atte a venir urtate dai due fili trasversali *y*, *y'* de' dischi *L*, *M*, quando questi hanno già abbandonato i fili *e*, *g*, e sono prossimi ad uscire dalle concavità delle lamine *AD*, *A'D'*.

Per mettere in azione questa macchinetta, si pone a contatto o solamente in vicinanza di una delle lamine, p. e. della *AD*, un corpo elettrizzato, e quindi si fa girare il manubrio pel verso indicato dalla freccia segnata sopra il disco

(*) Gehler's *Physik. Wört. neu bearb.*, art. *Duplicator. Bibliothèque Britannique, Sciences et Arts*, anno 1796, t. III, p. 272. *Annales de Chimie*, t. XLIX, p. 45.

L, levando subito il corpo avvicinato dopo un intero giro; e dopo pochi giri le due lamine *AD*, *A'D'* si trovano vivamente elettrizzate, la *AD* omologamente al corpo accostato, la *A'D'* contrariamente.

Per intenderne il giuoco, cominciamo a supporre che vi sia soltanto il disco *L*, che il filo *tus* comunichi col terreno, e che la lamina *AD* sia stata leggierissimamente elettrizzata in più, essendo tutto il resto allo stato naturale. Allorquando il disco *L* sarà entrato nella concavità della *AD* e si sarà inoltrato fino a toccare il filo *tu*, si elettrizzerà esso per induzione in meno. Uscito da questa lamina, entrato nella *A'D'*, e toccato il filo *g*, darà la sua elettricità negativa ad essa *A'D'*, dandogliela quasi tutta, perchè situato allora nel suo interno; separatosi poi dal filo *g*, e arrivato a toccare la estremità *s* dell'altro filo *tus* si elettrizzerà per induzione in più. Giunto di nuovo entro la lamina *AD* e toccato il filo *e*, darà a essa lamina quasi tutta questa elettricità positiva, e toccata la estremità *t* si elettrizzerà di nuovo in meno. Quindi dopo un altro mezzo giro darà cotale elettricità negativa alla *A'D'* e uscirà da questa elettrizzato in più. E così esso disco *L* andrà gradatamente aumentando tanto l'elettricità positiva di *AD* quanto la negativa di *A'D'* fino a che l'una o l'altra elettricità si renderà sensibile a un elettrometro messo vicino o in comunicazione con una di tali lamine *AD*, *A'D'*.

Essendovi anche il disco *M*, il quale si comporta nella stessa maniera di *L*, si ha l'effetto più prontamente, cioè nella metà tempo. E inoltre venendo i due dischi a trovarsi contemporaneamente in comunicazione col filo *tus*, egli avviene che intanto che l'un disco si elettrizza per induzione in meno, l'altro si elettrizza, similmente per induzione, in più: ond'è che in luogo di togliere e dare fluido elettrico al terreno, può l'un disco darne all'altro, senza bisogno di comunicare con esso terreno. Ed ecco perchè il sostegno *uv* può essere isolante.

Con questo stromento ogni elettricità anche estremamente piccola, dopo un sufficiente numero di giri, viene a rendersi sensibile. È però d'uopo, 1.° che i contatti sieno sempre perfetti; 2.° che i metalli toccantisi sieno omogenei, affinchè per la eterogeneità di questi non pigli parte al fe-

nomeno qualche elettricità estranea a quella che si vuol rendere sensibile; e per questa ragione è meglio porre il corpo elettrizzato in vicinanza anzichè a contatto; 3.° che lo strumento sia dapprima affatto scevro di elettricità; al che giova l'incominciare ad aggirarlo più volte in direzione opposta alla freccia.

Dell' Elettricità Vindice.

1181. Noi chiamiamo col nome di fenomeni di *Elettricità Vindice* que' fatti ne' quali due contrarie elettricità possedute da due corpi contigui, e affatto occultate l'una dall'altra, vengono a manifestarsi e a dare visibili segni di sè collo allontanare i due corpi. Il nome non è forse il più appropriato, siccome quello che venne fondato su di una falsa spiegazione de' fenomeni medesimi (vedi più innanzi al § 1190): si può però legittimarlo, intendendo ch'esso significhi un'elettricità la quale torna a ricuperare o a *rivendicare* i perduti segni (1).

Noi esporremo diversi di questi fenomeni, cominciando dai più semplici.

1182. Riferiremo primieramente un fatto osservato già da Epino e consistente in questo, che due lastre di cristallo strofinate l'una contro l'altra, e rese con ciò contrariamente elettrizzate in grazia di qualche loro piccola differenza di natura (p. 35), non danno alcun indizio di questi loro opposti stati finchè sono congiunte, ma li mostrano manifesti quando sono separate; e unendole quindi di nuovo e poscia separandole, nascondono e manifestano cotali segni alternativamente per un grandissimo numero di volte (2). E questa cosa può ottenersi con due altre lastre qualsivoglia, che sieno o entrambe isolanti o una isolante

(1) Volta, *Collezione*, t. I, part. I, p. 50.
(2) *Tentamen theoriae Electricit. et Magnet.* p. 63 e 65.

e l'altra conduttrice, ma portate in ogni caso da manici isolanti. Vedremo in altro luogo che cosa avvenga quando sieno entrambe conduttrici.

1183. Un altro fatto dello stesso genere, scoperto esso pure da Epino, è il seguente:

In una coppa *AB* (fig. 135), formata di sottil lamina metallica a foggia di segmento di superficie sferica e portata da un sostegno di vetro, versò egli dello zolfo liquefatto; e quando questo fu ridotto solido, vi attaccò superiormente un bastone di vetro con un manico di legno. Finchè lo zolfo era unito alla coppa, non si aveva nessun indizio di elettricità; ma appena che esso zolfo veniva staccato e alzato (fig. 136), tanto questo quanto la coppa si mostravano vivamente elettrizzati; e cotali elettricità si estinguevano nuovamente al riporre lo zolfo nella coppa, per risorgere ancora se di bel nuovo si staccavano i due corpi. Le elettricità di questi erano sempre contrarie; però talora si elettrizzava in più lo zolfo, e talora la coppa. Avverte poi Epino che la elettricità dello zolfo esisteva solamente nella superficie toccante la coppa, nè arrivava che a pochissima profondità sotto tal superficie (*).

1184. Molto si assomigliano a questi i fenomeni ordinarii del condensatore, nel quale all'allontanarsi de' due piatti si hanno de' vivaci segni di una elettricità dapprima quasi impercettibile. V'è però la differenza, che in questo strumento, toccando contemporaneamente con conduttori non isolati i due piatti, mentre sono ancora congiunti, l'elettricità torna a scomparire; la quale circostanza esclude siffatti fenomeni dal novero di quelli dell'*Elettricità Vindice*, aggiudicandosi a questa que' soli ne' quali le elettricità contrarie de' due corpi non si distruggono col contatto di conduttori non isolati. Apparterrebbero al-

(*) *Tentamen etc.*, p. 66 e 70; Priestley, *Histoire etc.* T. I, p. 423.

l'elettricità vindice que' fenomeni che il condensatore manifesterebbe allorquando lo strato coibente d'uno de' piatti ricevessse per istrofinamento un'elettricità permanente, poscia essi piatti si unissero, si toccassero colle mani, e quindi col mezzo di manichi isolanti si separassero di nuovo; con che comparirebbero de' segni di una elettricità di cui mentre i piatti erano contigui non si aveva alcun indizio.

1185. A questa classe di fenomeni appartengono parecchie curiose sperienze di Symmer. Prendeva egli due calze di seta di diverso colore, l'una bianca cioè e l'altra nera, e avendole precedentemente scaldate, in una stagione propizia a siffatte sperienze, le indossava l'una sopra l'altra o in una gamba o in un braccio; e lasciatele a sè alcun poco, ovvero tiratele innanzi e indietro alcune volte, le cavava congiuntamente dalla gamba o dal braccio. Ora finchè esse si trovavano l'una dentro l'altra, davano segni elettrici debolissimi, e soltanto mostravano fra loro una forte adesione; ma quando venivano separate l'una dall'altra, comparivano gonfie e fortemente elettrizzate, la bianca sempre in più, fosse ella stata indossata sopra ovvero sotto, e la nera sempre in meno. Le quali contrarie elettricità avevano esse acquistate col vicendevole strofinamento che aveva avuto luogo o nell'indossarle o nel tirarle innanzi e indietro.

Erano singolari i fenomeni della vicendevole attrazione di cotali calze quando venivano accostate l'una all'altra, e que' della forte loro adesione finchè stavano l'una nell'altra o anche soltanto l'una annessa all'altra, come pure quelli dell'adesione con altri corpi, p. e. colle pareti della camera sulle quali venivano lanciate e a cui rimanevano quindi attaccate. Curiosissimo era poi il vedere, come mentre stavano così attaccate alle pareti, presentandone loro altre due, similmente l'una bianca e l'altra nera, e state elettrizzate nella maniera medesima e già separate l'una dal-

l'altra, la bianca staccava dalla parete e attaccava a sè la nera, e la nera staccava e tirava a sè la bianca (1).

1186. Queste sperienze di Symmer vennero ripetute e variate in molte maniere dal torinese dottor Cigna, il quale però in luogo di calze faceva uso di nastri di seta. Ecco alcune delle più singolari da lui eseguite (2).

Isolò egli con fili di seta una lamina di piombo piana e liscia. Quindi avendo elettrizzato in più un nastro di seta, il portò vicino alla lamina, badando bene di non toccar questa colla mano; e con ciò fra essa lamina e il nastro si manifestò qualche attrazione, ma leggiera. Se però intanto egli accostava al piombo un dito, saltava fra questo e il piombo una scintilla, e allora il nastro accorreva velocemente al piombo, e gli aderiva sì forte che tutto il suo peso ne rimaneva sostenuto. Fintanto però che il nastro e il piombo stavano così congiunti, non davano segni sensibili di elettricità nè l'uno nè l'altro; ma sì se venivano di nuovo allontanati, mostrandosi il nastro elettrizzato in più come prima, e il piombo elettrizzato in meno; e quest' ultimo a tal segno che avvicinatogli di nuovo il dito, poteva aversi una seconda scintilla. In questa sperienza il piombo scagliò la prima scintilla per attuazione, e n'acquistò elettricità negativa indotta, la quale fu causa della vivace attrazione col nastro, e della successiva adesione col

(1) Queste sperienze vennero fatte conoscere alla Reale Società di Londra nel 1759, e inserite nel tom. 51 delle *Transazioni Filosofiche*. Se ne trova un estratto nella *Histoire de l'Electricité di* Priestley, tom. II, p. 51 e seg.; e una breve notizia in una Memoria del dottor Cigna, inserita fra quelle dell'Accademia di Torino per gli anni 1762-1765, p. 37 e seg.

(2) Sono esposte queste sperienze nel già citato tomo delle *Memorie* di Torino, p. 31 e seg. Se ne trova anche un estratto nella *Histoire* ec., di Priestley, t. II, p. 70 e seg.

medesimo; durante l'adesione, avendo i due corpi elettricità contrarie quasi eguali, se le dissimulavano essi a vicenda; ma nol poterono più fare dopo separati. Colla seconda scintilla poi il piombo riacquistava la quantità di fluido naturale perduta.

In queste operazioni la seta non perdeva sensibilmente della sua elettricità; dimanierachè accostandola una seconda volta al piombo e a questo avvicinando poscia il dito, si aveva ancora una scintilla analoga alla prima, con successiva adesione e cessazione de' segni elettrici; e allontanando essa seta, ricomparivano in questa i primitivi segni positivi, e ne apparivano altri negativi nel piombo, a cui accostando nuovamente il dito si aveva fra questo ed esso piombo un'altra scintilla analoga alla seconda. E ciò poteva continuarsi per molte volte, stantechè l'elettricità della seta diminuiva assai lentamente.

1187. Con queste scintille riuscì il Cigna a caricare delle bocce di Leida. Quando ne voleva caricare una in più, egli raccoglieva coll' uncino le scintille che il piombo dava all'avvicinargli la seta, e restituiva poi col dito quell' elettrico di cui il piombo si mostrava deficiente nello allontanarne la seta medesima. E con circa 40 di cotali scintille egli aveva una carica bastante a dare la scossa. Volendo una carica negativa, non aveva che a toccare la lamina di piombo col dito nell'avvicinarvi la seta, e a toccare la lamina medesima, coll' uncino della boccia nello scostare la seta suddetta.

Usando un nastro elettrizzato in meno, ed eseguendo delle somiglianti operazioni, si avevano nei diversi casi delle elettricità contrarie alle testè descritte.

Altre curiose sperienze vennero da lui fatte strofinando in diversi modi più nastri di seta posti l'uno sopra l'altro e tutti insieme sovrapposti a un corpo deferente. Ma il lettore che le desideri conoscere, può consultare la di lui Memoria.

1188. Alquanto più complicati sono i fenomeni stati osservati pochi anni prima da Wilke in una lastra di vetro rivestita di armature mobili, caricata prima a modo di quadro frankliniano, e poscia scaricata (*). Ma sono degnissimi di tutta l'attenzione, siccome quelli che danno compimento alle dottrine de' coibenti armati. Prima però di esporli gioverà richiamare alcune nozioni sullo stato d'un quadro ad armature mobili dopo caricato e dopo quindi scaricato.

Sia dunque *MN* (fig. 137) una lastra di vetro isolata, sulle cui facce *A* e *B* si trovino rispettivamente sovrapposte le armature mobili *a* e *b*. E sia essa stata caricata al modo di un quadro frankliniano, positivamente nella faccia *A* e nell'armatura *a*, negativamente nella faccia *B* e nell'armatura *b*. Supposto che ne' due sistemi *Aa*, *Bb* si abbiano due uguali e contrarie tensioni, come può ottenersi togliendo una opportuna piccola porzione di carica al sistema stato messo in comunicazione colla macchina, noi avremo:

1.° Nel sistema *Aa* una sovrabbondanza d'elettrico, ripartita in *A* e in *a* giusta una proporzione che potrà esser diversa ne' differenti casi, secondo la grandezza della carica comunicatasi (§ 1097 e seg.), ed anche secondo il tempo dacchè l'apparecchio si trova lasciato a sè stesso; stantechè il contatto dell'armatura *a* colla faccia *A* e coll'aria può a poco a poco modificare assai lo stato sì di *A* che di *a*;

2.° Nel sistema *Bb* una deficienza d'elettrico, ripartita in *B* e in *b* pure secondo una proporzione dipendente dalla grandezza della carica primitiva, e dal tempo da che l'apparecchio si trova lasciato a sè.

3.° Scaricato l'apparecchio mediante un contatto un po' prolungato delle due mani colle armature, verranno distrutti i segni elettrici che si manifestavano in entrambi i sistemi *Aa* e *Bb*. Però le due facce *A* e *B* del vetro, considerate separatamente dalle rispettive armature, conserveranno

(*) Gehler's *Physikalisches Wörterb. neu bearb.*, art. *Elektrophor*, p. 728, citando gli Atti dell'Accademia di Svezia pel 1762. Non avendo potuto leggere la Memoria originale dell'autore, io debbo restringermi e riportare i brevi cenni fattine nel suddetto Dizionario fisico.

una parte del primitivo stato apparente, non potendo all' atto della scarica tutta dissiparsi la sovrabbondanza apparente o sensibile della faccia *A*, malgrado la contiguità dell' armatura *a*, nè tutta in quell' atto esser soddisfatta la deficienza apparente della faccia *B*; oltre a che questi due stati elettrici si rinforzano dopo la scarica, per le già esposte proprietà del *Residuo renitente* (§ 1128 e seg.). Queste due elettricità nulladimeno che si mantengono in *A* e in *B*, saranno compiutamente dissimulate durante il contatto delle mani da altre due elettricità ad esse rispettivamente contrarie disposte nelle armature *a* e *b*, da un'elettricità cioè negativa in *a* e da una positiva in *b*; elettricità in vero più deboli di quelle di *A* e di *B*, ma atte non pertanto a dissimulare queste ultime pel trovarsi *a* e *b* a maggiore distanza l'una dall'altra che non *A* e *B* (§ 1127).

1189. Ciò premesso, ecco i fenomeni stati osservati da Wilke. Dopo caricate, nel modo poc'anzi descritto, le due armature mobili del quadro, e dopo scaricatele mediante l'applicazione delle mani, lasciando queste per abbondanza alcun tempo in cotale comunicazione,

1.° Non mostravano esse armature nessuna elettricità finchè stavano sovrapposte al vetro (le avrà Wilke esplorate subito dopo levate le mani e prima che fosse risorta una parte sensibile di residuo renitente); appena però che l'una o l'altra o entrambe venivano levate dal vetro, mostravano una forte elettricità, capace di produrre una vigorosa scintilla, elettricità che era negativa nell'armatura *a* stata caricata in più, e positiva nella *b* stata caricata in meno.

2.° Scomparivano queste elettricità, se cotali armature si rimettevano di nuovo sul vetro senza averle toccate.

3.° Togliendo cotali elettricità dalle due armature, col toccar queste mentre erano lontane dal vetro, e rimettendo poi di nuovo siffatte armature sul vetro, si osservava nuovamente in esse qualche segno elettrico, ma assai più debole, e di natura contraria alle elettricità che esse mostravano essendo separate, ossia di natura omologa a quelle delle cariche date primitivamente alle due facce del vetro.

4.° Levate dopo ciò esse armature senza essere state toccate, non mostravano veruna elettricità.

5.° Se però prima di levarle venivano toccate tutte e due

colle mani e premute contro il vetro, al levarle si comportavano come nella prima prova.

6.° Cotali armature potevano a questo modo venire elettrizzate dal vetro per molti giorni e settimane di seguito, tutte le volte che fosse, durante questo tempo, ripetuta la prova, senza bisogno di caricare nuovamente esso vetro.

Io osservo però che seguitando per molto tempo a togliere e a rimettere le due armature, dovevano avvenire diversi accidenti atti a modificare sensibilmente il fenomeno. Consideriamo semplicemente il caso che esse armature si fossero levate entrambe contemporaneamente e contemporaneamente si fossero rimesse, premendole ciascuna volta colle mani contro il vetro. Siccome durante queste operazioni le due superficie del vetro dovevano cedere qualche poco della loro elettricità all'aria, e qualche poco darne alle armature medesime, oltre a una piccola quantità d'elettrico che quando non era ben secco il vetro o bene inverniciato, poteva trascorrere sopra gli orli dall'una faccia all'altra; così esso vetro doveva gradatamente scaricarsi delle due opposte elettricità risedenti nelle sue due facce. In contraccambio però doveva sorgere in esso a poco a poco del residuo renitente, pel ritornare che faceva al proprio luogo il fluido naturale spostatosi nelle varie molecole; il che serviva a far rinvigorire di nuovo le elettricità che le due superficie del vetro andavano perdendo. Ora ne' tempi secchissimi, ne' quali le cause di diminuzione operavano più debolmente, poteva il sorgere di cotal residuo ajutare possentemente la conservazione di quelle due elettricità; anzi poteva di nuovo rimetterle dopo che il vetro le aveva già perdute, se mai fosse avvenuto che a un tempo umido di breve durata fosse sottentrato un forte e durevole secco. Da ciò s'intende come Wilke abbia trovato che:

7.° Per ultimo ne' tempi secchissimi la detta facoltà del vetro di rendere elettrizzate le armature, tornava sovente di bel nuovo a ricomparire.

1190. Avverte però il Beccaria che la stagione dev'essere sempre ben secca, perchè queste sperienze riescano (*). Il

(*) *Experimenta atque observationes quibus electricitas vindex late constituitur atque explicatur*, § 32, Torino, 1769.

che egli ebbe occasione di riconoscere per averne ripetute diverse, senza saputa, a quel che pare, di quanto aveva già fatto Wilke (1). Ne dava poi esso Beccaria una spiegazione tutta sua, ed ora abbandonata. Quando, p. e., dopo la scarica del quadro or ora considerato veniva staccata l'armatura *a* dalla faccia *A*, nel qual caso questa faccia veniva a manifestar nuovamente de' vivi segni di elettricità positiva, ei non attribuiva già cotali segni ad un'elettricità conservatasi nel vetro e dianzi soltanto sopita, come è in fatti, ma bensì ad un'elettricità che poco prima, cioè mentre stava applicata l'armatura, fosse nel vetro cessata affatto, e che poscia, all'allontanarsi di cotale armatura, venisse da esso vetro ripigliata o *rivendicata*, a spese dell'armatura medesima e degli altri corpi vicini (2). Volta però mostrò inesatte queste idee con ragioni affatto vittoriose (3).

1191. Oltre all'avér ripetute parecchie delle citate sperienze di Wilke, ne eseguì il Beccaria assai altre, le quali insieme colle spiegazioni ch'ei ne dava, si trovano descritte nel suo opuscolo sull'*Elettricità Vindice* (4). Io non ne citerò che due, colle spiegazioni che se ne possono dare secondo le dottrine vigenti. Ecco adunque la prima.

Si sovrappongano orizzontalmente l'una all'altra due lastre di vetro *ABba*, *MNnm* (fig. 138), rivestite nelle facce esterne colle foglie di stagno *CD*, *cd*; e si carichi la coppia a modo di quadro frankliniano, positivamente nell'armatura *CD*, negativamente nella *cd*. Lasciando dopo ciò isolate le due armature, si troverà che:

1.° Fino a tanto che i vetri staranno congiunti, l'armatura *CD* darà segni di elettricità positiva, e la *cd* segni di negativa, gli uni e gli altri di una forza proporzionata alla carica comunicata e alla grossezza della coppia de' vetri.

2.° Allontanando i vetri l'un dall'altro senza toccarne le armature, recando, p. e., cotali vetri alla posizione indicata dalla fig. 139, si sentirà nello staccarli una forte adesione.

(1) *Experimenta* ec., § 124 e seg.
(2) *Ibid.* § 158 e seg.
(3) *Collez. delle opere*, t. I, Part. I, p. 48, e 149 nella nota.
(4) *Experimenta atque observationes* ec. già citate.

3.° Eseguita questa separazione, la lastra superiore darà segni vivissimi di elettricità positiva da ambedue le facce, si mostrerà cioè vivamente elettrizzata in più sì ai corpi presentati alla faccia *AB*, che a quelli presentati alla *ab*; e la inferiore darà vivissimi segni di elettricità negativa pure da entrambe le facce.

Fin qui però nulla v'è di straordinario, non veggendosi che gli effetti delle due contrarie elettricità acquistate dalle foglie metalliche per mezzo della carica.

4.° Si uniscano di nuovo le due lastre, sempre senza toccarne le armature, e quindi nuovamente si separino: si avranno ancora effetti somiglianti a quelli or ora veduti, ma più deboli; vale a dire, piccoli segni prima della separazione, positivi sopra e negativi sotto; adesione all'atto della separazione; e dopo questa forti segni positivi in ambe le facce della lastra superiore, e forti segni negativi in ambedue le facce dell'inferiore, sì gli uni però che gli altri più deboli che i corrispondenti della prova precedente. Unite e separate esse lastre una terza volta, si potranno ancora avere tutti i suddetti effetti, ed anche per qualche altra volta, ma sempre più deboli. Presto però si arriverà a un punto in cui alcuni di questi effetti cesseranno di manifestarsi, cioè l'adesione e i segni dopo il disgiungimento.

Prima di passare innanzi, cominciamo a cercar la ragione di questi primi fatti, e in ispecie de' diversi accennati decrescimenti. Riflettiamo a quest'uopo che:

a) Mentre le lastre stanno congiunte la elettricità positiva dell'armatura *CD* tende continuamente a dissiparsi, sì per comunicazione all'aria contigua, come per trascorrimento alla opposta superficie del vetro e per passaggio all'altra lastra;

b) Durante la stessa congiunzione delle lastre, e finchè le opposte elettricità delle due armature sono abbastanza forti, una porzione di fluido naturale abbandona a poco a poco la faccia *ab* della lastra *Ab* e passa alla faccia *MN* della lastra opposta;

c) Contemporaneamente a ciò in tutte le molecole vitree dell'una e dell'altra lastra il fluido naturale si smuove nella direzione da *AB* verso *mn*;

d) Quando le lastre sono disgiunte, tanto la faccia *AB*

quanto la *ab* tendono a comunicare elettrico all'aria contigua, e a darne all'altra lastra da quei punti che possono ancora esservi di vicendevole contatto; ciò però insino a che la lastra *Ab* continua a dar segni di elettricità positiva da ambedue le facce;

e) Durante questa separazione tende ancora a passare del fluido elettrico dalla faccia *AB* alla *ab*;

f) Frattanto nell'altra lastra *Mn* succedono delle vicende affatto simili, ma per riguardo all'opposta elettricità; p. e. durante la congiunzione delle lastre la elettricità negativa dell'armatura *cd* viene continuamente a decrescere, parte per fluido tolto all'aria contigua, e parte per fluido procedente o dall'opposta superficie della lastra stessa ovvero dall'altra lastra. Lascio ai lettori il considerare le altre vicende che hanno luogo in *Mn*, sì durante la congiunzione delle lastre, come durante la separazione.

Ciò posto, riflettiamo che ne' segni elettrici manifestati dalle due lastre mentre queste sono congiunte, non hanno parte sensibile le elettricità delle facce interne, dissimulandosi queste elettricità quasi interamente l'una l'altra, attesa la loro vicinanza; e che perciò essi segni dipendono soltanto dalle elettricità delle faccie esterne *AB*, *mn*, ossia delle due armature *CD*, *cd*, essendo per altro modificati dalla grossezza delle lastre e dallo smovimento del fluido naturale nelle singole molecole del vetro. Ora siccome le dette elettricità esterne vanno gradatamente decrescendo ed occultandosi, come risulta dalle cose dette in *a*), *c*), *d*), *e*), *f*), così i segni elettrici dati dalle due lastre congiunte debbono gradatamente indebolirsi a proporzione che si vanno continuando le separazioni e i ricongiungimenti.

I segni manifestati dalle lastre separate dipendono in vece dalla totale quantità di elettrico che sovrabbonda o che manca in ciascuna lastra. Per conseguenza in sul principio dello sperimento la lastra *Ab* dee manifestare fortissimi segni positivi da ambedue le facce, non essendo allora la sovrabbondanza della faccia *AB* dissimulata che in pochissima parte dalla deficienza della *ab*. Siccome però essa lastra *Ab* va perdendo elettrico per più vie, cioè non solo dalla faccia *AB* ma anche dalla *ab*, così questi suoi segni debbono decrescere con molta rapidità. In simil modo la lastra *Mn*

dee in sul principio dare de' vivissimi segni di elettricità negativa da ambedue le facce, decrescenti però rapidamente anch'essi durante la continuazione della sperienza. E una tale doppia diminuzione può giungere al segno da togliere affatto questi segni che le lastre separate manifestano; il che ha luogo allorquando le elettricità interne giungono ad occultare le esterne; p. e. allorquando l'elettricità positiva della faccia *AB* si è tanto indebolita, e la negativa della *ab* tanto rinforzata, che quest' ultima giunge ad occultare la prima. E un siffatto occultamento, a guardar sottilmente, comincia ad aver luogo per rispetto ai corpi collocati a fronte delle facce interne, effettuandosi per questi quando le elettricità esterne sono ancora un po' maggiori delle interne. I segni che esse lastre staccate presentano all'esterno si mantengono un po' più di tempo, stantechè per la loro cessazione si esigono delle elettricità interne appena più forti delle esterne.

La grandezza dell'adesione cammina d'accordo colla diminuzione de' segni dalle bande interne. Perciocchè la lastra *Ab* si comporta verso la *Mn* presso a poco come se essa *Ab* fosse elettrizzata in più quanto vien mostrato dai segni ch'ella manifesta dalla banda interna; e similmente la *Mn* si comporta verso la *Ab* come elettrizzata in meno di quel tanto che corrisponde ai suoi segni pure dalla banda interna. Decrescendo perciò e svanendo questi segni, decresce e svanisce anche la detta adesione. Considerando però le cose a tutto rigore, si può notare che lo stato elettrico della lastra *Ab* non si mostra lo stesso verso tutti quanti i punti situati a fronte della faccia *ab*, e che essa *Ab* può cessare di comparire elettrizzata ad alcuni di cotali punti, e continuare ancora a mostrarsi tale per altri. Egli è certo, ad onta di ciò, che quando una siffatta lastra *Ab*, considerando le azioni da essa esercitate sulle molecole della lastra *Mn* in direzione perpendicolare alla faccia *MN*, cessa di respingere quella parte di cotal lastra *Mn* ove l'elettrico è sovrabbondante, essa *Ab* cessa anche quasi affatto da ogni azione perpendicolare ad *MN* su quella parte della suddetta lastra *Mn*, nella quale l'elettrico è deficiente; e perciò le due lastre non debbono allora più manifestare sensibilmente nè attrazione nè ripulsione.

Ciò veduto, passiamo a considerare altri fenomeni presentati dalle stesse lastre *Ab*, *Mn*.

5.° Seguitando ancora a separare e riunire cotali lastre, con molta sorpresa dell'osservatore si veggono rinascere di nuovo, sì l'adesione che i segni elettrici dopo i disgiungimenti; i quali segni però sono contrarii ai precedenti, cioè negativi quelli della lastra *Ab*, e positivi quelli della *Mn* (e a rigore cominciano essi a rinascere così rovesciati dalle bande interne, e di poi cessano e si rovesciano anche dalle esterne). E questi segni rovesciati e questa adesione vanno successivamente crescendo fino a un certo punto; dopo di che tornano a diminuire, ma lentissimamente, mantenendosi sensibili per un migliajo e anche per due migliaja di separazioni e di congiunzioni. I segni poi dati dalle lastre congiunte continuano sempre a decrescere, divenendo alla fine piccolissimi e insensibili, senza più risorgere (*).

I fenomeni dichiarati in questo n. 5.° dipendono principalmente dal proseguimento della diminuzione delle elettricità esterne, non accompagnato da una pari diminuzione contemporanea delle interne. Considerando infatti quello che interviene alla lastra *Ab* subito dopo la cessazione dell'adesione e de' segni delle lastre disgiunte, è facile il vedere che mentre le due lastre sono unite, la esterna elettricità positiva della *Ab*, essendo sempre sensibile durante ogni congiungimento, seguiterà continuamente a dissiparsi, favorita in ciò dall'aria che si muove accanto all'esterna superficie *ACDB*, dall'armatura *CD* che porta essa elettricità ai punti più disperdenti, e dai peli galleggianti nell'aria e depositantisi su cotale armatura; e che intanto l'elettricità negativa dell'opposta faccia *ab*, essendo dissimulata in gran parte dalla or ora menzionata elettricità positiva di *AB*, non viene compensata con pari prontezza dalla contigua faccia *MN* dell'altra lastra, della qual faccia *MN* la elettricità positiva si trova similmente in gran parte dissimulata da quella negativa della faccia *mn*. Ed anche quando le lastre sono separate, siccome la elettricità negativa di *ab* o non è prevalente o lo è pochissimo, così la lastra *Ab* o non riacquista elettrico o assai scarsamente. Per conseguenza la interna elettricità negativa di essa *Ab* viene a poco a poco a prevalere alla esterna e a farsi sempre più

(*) *Experimenta atque observationes* ec., § 41, . . . 55, 69.

predominante. E siccome avviene una cosa analoga anche riguardo all'elettricità positiva interna dell' altra lastra *Mn*, così si repristina, come abbiam detto, l'adesione, e tornano a risorgere, ma rovesciati, i segni elettrici delle lastre disgiunte. E qui io tralascio di considerare il passaggio dell'elettrico dall' una all' altra faccia in una medesima lastra, non avendo questo un' influenza sensibile nè sull' adesione, nè sul risorgimento dei detti segni delle lastre disgiunte.

Ma anche in appresso, quando le elettricità interne si sono già rese sensibilmente prevalenti, continuano sino ad un certo punto a dissiparsi più abbondantemente le esterne; stantechè durante i congiungimenti delle lastre non vi ha nè armatura nè movimento d'aria che ajuti la dissipazione di quelle interne. E così la prevalenza di queste elettricità interne continua a crescere sino a un certo grado. Ma così non può andar sempre; giacchè alla fine cotali elettricità interne debbono ridursi piccole, e aver piccola la prevalenza sulle esterne. E perciò i segni delle lastre disgiunte, come anche l'adesione, dopo esser cresciuti sino a un certo punto, debbono tornar di nuovo a diminuire.

Siccome poi, come abbiam già detto, i segni dati dalle lastre congiunte dipendono soltanto dalle elettricità esterne, così è chiaro che questi debbono continuare a impiccolirsi, senza mai rovesciarsi.

Egli è poi singolare che quando i segni apparenti delle lastre separate sono già rovesciati si all' interno che all'esterno, mostrandosi la *Ab* elettrizzata in meno e la *Mn* in più, se vengono congiunte esse lastre, e messe in comunicazione le loro armature per mezzo delle mani, se ne ha una sensibile scossa per un passaggio di fluido elettrico *dalla faccia esterna della lastra superiore alla faccia esterna dell' inferiore.*

1192. L'altra sperienza di Beccaria che abbiam promesso di riportare, riguarda gli effetti delle lastre quando queste vengono scaricate dopo ciascun congiungimento e dopo ciascun disgiungimento (*).

Se dopo aver caricate nel modo già detto le due lastre

(*) *Experimenta atque observationes* ec., § 56. e seg.

della sperienza precedente e dopo averle così cariche lasciate unite per qualche tempo, si vengono a toccare le loro armature colle dita, ottiensi una corta ma pungente scintilla da quell'armatura che è l'ultima ad esser toccata, colla quale sciutilla si scaricano le due contrarie elettricità sensibili o apparenti delle due armature suddette; levata la detta comunicazione, e dopo qualche tempo ristabilitala un'altra volta intanto che le lastre sono ancora congiunte, si ottiene una seconda scintilletta o scarica ma più piccola; e con un nuovo toccamento anche una terza, ancor minore. Tutto ciò nello stesso modo e per le stesse cause come nello scaricare un quadro frankliniano.

Allontanando allora le lastre l'una dall'altra nel modo indicato dalla fig. 139, coll'avvertenza di tener bene isolate le armature, si sente una viva adesione; e accostando di poi due dita a queste armature, se ne hanno due scintille, l'una fra l'una armatura e il dito accostatole, l'altra fra l'altra armatura e l'altro dito, e queste assai più vive e assai più lunghe delle precedenti. Nascono cotali effetti dall'elettricità negativa stabilitasi precedentemente in *ab*, prima di scaricare le due armature, e da quella positiva stabilitasi contemporaneamente in *MN*, in forza del passaggio dell'elettrico da *ab* ad *MN* di cui abbiam parlato nel paragrafo precedente; le quali elettricità, quantunque dissimulate l'una dall'altra per rispetto ai corpi esterni, non tralasciano di produrre attrazione fra le due lastre, mancando le elettricità esterne che sonosi levate e che a ciò osterebbero. Si manifestano poi vivissime queste elettricità quando le lastre sono separate, appunto per la mancanza delle cariche esterne; e in vigore di queste elettricità le lastre danno vivi segni anche all'esterno, mostrandosi l'armatura *CD* elettrizzata per attuazione in meno, e la *cd* in più; e da queste elettricità attuate si hanno le due menzionate scintille, l'una data dal dito alla *CD*, l'altra dalla *cd* al dito.

Riunite nuovamente cotali lastre, e toccate di poi le due armature una prima volta, una seconda, una terza, si ha come poc'anzi una prima scintilletta, una seconda più piccola, e talora anche una terza, tutte minori di quelle similmente decrescenti avutesi la prima volta. E queste in

grazia delle elettricità acquistate poc' anzi dalle armature *CD*, *cd* colle due vivaci scintille dopo il disgiungimento, le quali elettricità si rendono manifeste al congiungersi delle lastre e al distruggersi a vicenda le azioni attuanti esercitate dalle elettricità interne.

Allontanate esse lastre una seconda volta, e avvicinate le dita alle due armature, se ne hanno altre due vive scintille, però un po' più piccole di quelle del primo disgiungimento; e anche queste in conseguenza del mostrarsi vivamente elettrizzate le armature per attuazione esercitata dalle elettricità interne.

Similmente dopo un terzo ricongiungimento si ottengono due o tre decrescenti scintillette. E due vive scintille contemporanee si hanno dalle due armature dopo un terzo disgiungimento. E lo stesso si seguita ad ottenere continuando a unire e disunir le lastre anche per mille e due mila volte. Vanno però lentamente decrescendo dall' una volta all' altra sì le scintillette dopo ciascun congiungimento, come le vivaci scintille dopo ciascun disgiungimento. Sempre però quelle del congiungimento sono assai più deboli, nè riescono sensibili che in circostanze propizie.

Per dare un' idea de' cangiamenti che succedono nelle elettricità delle due lastre, ne ho rappresentati alcuni con numeri ipotetici nelle fig. 140 A, 140 B, ec. Nella fig. 140 A sono indicate due lastre congiunte la prima volta, caricate dalla macchina e lasciate a sè per qualche tempo; la 140 B rappresenta le stesse lastre dopo toccate la prima volta colle dita; la 140 C le mostra subito dopo il primo disgiungimento; la 140 D le rappresenta dopo date le prime scintille di disgiungimento. Colla fig. 140 E si incomincia una seconda serie di cangiamenti, e si rappresentano esse lastre dopo il secondo congiungimento; le altre figure può il lettore intenderle da sè.

Osservazione. Se in uno de' congiungimenti non si toccano le armature, non si hanno nel seguente disgiungimento nè segni elettrici nè scintille. E similmente se non si traggono le scintille in uno de' disgiungimenti, mancano le scintillette nel congiungimento successivo.

Ommetto le altre sperienze analoghe eseguite dal Beccaria. Noterò soltanto che fra queste sono osservabili quelle fatte

con due lastre di diversa grossezza, nelle quali gli si presentarono fenomeni degni di essere ancora studiati (1).

1193. I più antichi fatti che si conobbero relativamente all'elettricità vindice, sono i due seguenti.

Il primo è quello delle camicie del sig. Vaudania. Ecco in qual modo viene esso descritto dal suo osservatore, il sig. Alessandro Amedeo Vaudania, in una lettera al Beccaria (2). « Da che il freddo (dic' egli) si è fatto più ri« goroso, cioè da dieci o dodici giorni circa, mi sono ve« stito tra le due camicie una camiciuola di castoro. Ogni « sera in cavarmi di dosso la prima camicia che è sopra « la camiciuola, e che cambio ogni giorno, mi accorgo « che essa ha alcuna adesione colla camiciuola medesima, « e in separarnela sento molti scoppii di scintillette, le quali « osservate al bujo non differiscono dalle scintille degli « esperimenti elettrici; poi appena comincio a spogliarmi « la camiciuola, sento che essa si sta più fortemente at« taccata alla camicia di sotto; ne la separo a forza e me « la spoglio; e recatamela nella mano destra osservo che « il lembo della camicia gli sta ancora attaccato, e che « con esso si scosta dal mio corpo; ritengo in mano la « camiciuola, e la slontano più che posso, sicchè la ca« micia necessariamente se ne separa; e questa allora to« sto corre al mio corpo; ravvicino la camiciuola, e la « camicia ricorre a lei; la slontano, e la camicia ricorre « al mio corpo; e per più volte la camicia replica queste « specie di vibrazioni, che per altro successivamente si il« languidiscono, e in poco tempo cessano affatto. » In questo fatto si scorge che la camiciuola di castoro e la camicia più interna erano elettrizzate contrariamente, la prima in più (3) e la seconda in meno: finchè erano unite ma-

(1) *Experimenta atque observationes* ec., § 84 e seg.

(2) Pubblicò il Beccaria un tal fenomeno a p. 196 del suo *Elettricismo artificiale e naturale*, stampato in Torino nel 1753, dicendo ch' era stato osservato nell' inverno di quel medesimo anno; e il tornò a riportare nel suo *Elettricismo artificiale*, stampato nel 1772, a p. 401. Lo cita anche Priestley nella sua *Histoire de l'Électricité*, t. II, p. 58, ove però il cognome dello scopritore si trova per isbaglio scambiato da Vaudania in Vaudonia.

(3) *Elettricismo artificiale e naturale*, p. 198.

nifestavano soltanto una vicendevole adesione; separate, la camiciuola mostrava adesione colla camicia, e questa colla camiciuola e col corpo della persona.

1194. Il secondo fatto è quello così detto *de' Gesuiti di Pekino*. L'anno 1755 i PP. Gesuiti dimoranti a Pekin diedero relazione all'Accademia di Pietroburgo della seguente sperienza da essi instituita (*).

Avendo posata una lastra di cristallo sopra una carta ripiegata più volte, strofinarono essi cotal lastra con una pelle di pecora privata di peli, sino a che avesse acquistata un'assai forte elettricità. La collocarono quindi sopra una cassetta di legno ricoperta di un vetro, e contenente un ago magnetico destinato alle osservazioni della declinazione, ponendola in maniera da toccare quasi il vetro che copriva l'ago. Ciò fatto, osservarono quanto segue:

1.° L'ago magnetico, liberamente sostenuto sopra il suo stilo, venne sollevato all'istante sino a toccare il vetro ond'era coperto, e gli rimase aderente per due o tre ore di seguito (e qui, quantunque la relazione nol dica espressamente, io intendo che si sollevasse una punta sola, rimanendo il cappelletto posato sullo stilo, e deprimendosi l'altra punta, giacchè stimo affatto impossibile che tutto l'ago si alzasse di pianta e rimanesse sospeso per attrazione elettrica sì lungo tempo ad un vetro).

2.° Dopo questo tempo l'ago ricadde spontaneamente, non però a poco a poco ma ad un tratto; e dopo alcune vibrazioni sul suo stilo ritornò in quiete e alla sua posizione primitiva.

3.° Alzata allora la lastra di vetro sovrappostasi alla bussola, con meraviglia si vide all'istante sollevarsi di nuovo l'ago, e aderire al vetro per altre due o tre ore continue.

4.° Se però frattanto si sovrapponeva di nuovo la summenzionata lastra, l'ago tornava ancora a ricadere, risa-

(*) *Novi Commentarii Academiae Imperialis Petropolitanae*, t. VII, *pro annis* 1758 *et* 1759, a pag. 277 e seg. Petropoli, 1761. Si trova quivi la relazione del fenomeno, con una spiegazione di Epino, al certo ingegnosa, però a parer mio non esatta. Veggasi anche l'opuscolo di Beccaria sull'Elettricità Vindice a p. 44 e seg., ove si esamina e si illustra questo fenomeno.

lendo di bel nuovo al sollevarsi della lastra medesima. E così continuava esso ago a fare, quante volte la detta lastra si applicava o si toglieva; e la prova poteva ripetersi anche cento volte.

Quello che specialmente meritava considerazione in questa sperienza, era, come nota Epino, lo scorgere l'elettricità che in sì lungo spazio di tempo pareva affatto estinta, repristinarsi ad un tratto, senza bisogno di verun nuovo strofinamento; e il vedere estinguersi di bel nuovo i segni di questa risorta elettricità col solo riunire nuovamente le due lastre.

1195. Ecco ora come si possono spiegare siffatti fenomeni.

1.° La lastra di vetro stata strofinata colla pelle, la quale lastra per distinzione noi chiameremo *A*, divenne per questo strofinamento elettrizzata; e in forza di ciò, trasportata di poi sul vetro della bussola, il quale noi diremo *B*, attrasse attraverso a quest'ultimo l'ago magnetico.

2.° Stando però così sovrapposta la *A*, l'altra lastra *B* acquistò a poco a poco per induzione un'elettricità contraria a quella che la *A* mostrava inferiormente, la quale elettricità contraria in parte la acquistò coll'ajuto del legno in cui essa *B* era fermata e forse incassata, in parte pel contatto dell'ago, e in parte pel contatto dell'aria sottoposta. E questa contraria elettricità affrettò la diminuzione de' segni elettrici che la *A* manifestava attraverso la *B*, tanto che essa *A* divenne finalmente incapace a sostenere l'ago.

3.° Tolta poi la *A* e rimasta sola la lastra inferiore *B*, quest'ultima manifestò in tutta la sua forza la propria elettricità indotta, talchè potè di nuovo levare in alto la estremità dell'ago stata sollevata precedentemente.

Si bramerà sapere dopo ciò qual fosse l'elettricità presentata dalla lastra *A*. Dirò che potè essere sì la positiva che la negativa. La pelle avrà sicuramenre elettrizzata in più la faccia strofinata di essa lastra *A*; ma intanto la carta su cui cotal lastra era posata avrà permesso che la faccia inferiore di essa lastra si elettrizzasse negativamente per induzione, a modo di un quadro frankliniano privo di armature. Se perciò nel mettere la *A* sulla bussola si

sarà tenuta rivolta all' ingiù la faccia strofinata, avrà di necessità essa *A* mostrata inferiormente un' elettricità positiva. Se in vece la *A* medesima si sarà posata colla faccia strofinata volta all' insù, avrà mostrato inferiormente un' elettricità negativa; perciocchè quantunque all' atto dello strofinamento fossero prevalenti in ambe le facce i segni dell' elettricità positiva (stante l'ascinttezza della carta su cui il vetro era posato), pure la perdita d'elettrico fatta tutto all'intorno pel contatto dell'aria e pel toccamento colle mani e col legno, dovè far cessare prontamente i segni positivi nella faccia non istrofinata, e lasciar sottentrare quelli della di lei propria elettricità negativa.

Farà meraviglia al lettore che l' elettricità indotta della lastra *B* abbia potuto ritener l' ago sollevato anche dopo quattro o cinque ore dacchè era cominciata la sperienza. Ma troverà il fatto credibile quando rifletta, 1.° che a sollevar l'ago bastava una forza leggierissima, quando il suo centro di gravità si fosse trovato pochissimo al di sotto della punta dello stilo; 2.° che ne' tempi secchissimi l' elettricità può mantenersi lunghissimo tempo; 3.° che la lastra *B* si sarà elettrizzata contrariamente ad *A* per di sotto, mediante i contatti dell'ago, dell'aria, del legno, ec., e omologamente ad *A* per di sopra attesa la vicinanza di *A* medesima: ora queste due elettricità della lastra *B*, deprimendosi i segni l' una l' altra, potevano conservarsi lunghissimo tempo, anche per più giorni se i tempi erano secchi, come mostrano le sperienze di Wilke.

Passiamo ora a una importantissima applicazione de' fenomeni dell' Elettricità Vindice, cioè all' Elettroforo.

Dell' Elettroforo.

1196. *Descrizione dello strumento.* L' *Elettroforo*, detto anche *Elettroforo perpetuo*, è uno strumento stato immaginato da Volta nel 1775, dal quale opportunamente preparato si può ottenere una quantità grandissima di scintille elettriche prima che perda della sua attività, e che occorra ricaricarlo. I fatti su cui

esso è fondato erano in gran parte già stati veduti da Epino, Wilke, Cigna e Beccaria (1), e sono quelli dell'*Elettricità Vindice* di cui ci siamo testè occupati. Volta ha però il merito di aver trovata la qualità di corpi più opportuna a siffatti fenomeni, e di aver ridotto l'apparecchio a un comodissimo strumento. Noi ne abbiamo già fatto un cenno al § 1001: cercheremo ora di darne una nozione più compiuta, come avevamo ivi promesso.

Concorrono a formare un tale strumento le seguenti parti, cioè:

1.ª Un recipiente metallico, detto il *Piatto*, di forma per lo più circolare, ordinariamente del diametro di dieci a dodici pollici, di fondo piano, e con un orlo piegato all'insù per poco più di una mezza linea o di una linea.

2.ª Uno strato coibente formato da una composizione resinosa di mediocre consistenza, alto da una linea e mezza a due linee, versato fuso nel piatto or ora descritto, in modo da uguagliare l'orlo e anzi sopravanzarlo alcun poco. La composizione adoperata da Volta (2) era di tre parti di trementina, due di ragia ed una di cera, bollite insieme per più ore; alle quali materie egli aggiungeva un po' di minio per renderne più vivo il colore. Adams faceva uso di due terzi di gomma lacca e d'un terzo di trementina (3). Possono vedersi nel nuovo Dizionario fisico di Gehler altre composizioni proposte da varii autori (4).

Questo strato, che da alcuni si appella il *Mastice* e da altri la *Stiacciata*, forma col *Piatto* un unico pezzo, cioè il pezzo inferiore dello strumento. Deve esso strato aver la superficie ben piana, cioè senza gobbe

(1) Volta, *Collezione delle opere*, t. I, Part. I, p. 144 e seg.
(2) *Ibid.* p. 109.
(3) Cavallo, *Trattato completo di Elettricità*, p. 479.
(4) Art. *Elektrophor*, p. 731.

nè incavature, non occorrendo per altro che questa superficie sia perfettamente liscia, anzi, secondo Volta, giovandole piuttosto una certa minuta ruvidezza (1), forse perchè possa più facilmente venire elettrizzata collo sfregamento. Non deve esso mastice avere screpolature nè bolle aeree: essendovi di queste ultime, si levano recando in giro sopra la superficie un ferro caldo che le faccia scoppiare, e che fondendo il mastice ne torni a riempire le cavità. Con questa operazione però il mastice diviene talvolta meno atto a ricevere l'elettricità; ma lo si migliora raschiandolo con pomice o con un vetro tagliente, con che gli si leva l'estrema superficie che è o troppo dura o leggiermente ossidata, e gli si toglie altresì il perfetto liscio, il quale, come si è detto, non è vantaggioso. Alcuni sovrappongono a questo mastice, finchè è ancora un po' molle, una foglia di stagno, e sopra questa una lastra ben piana di cristallo cui aggravano con un peso di otto o dieci libbre, e così il lasciano per 24 ore (2); ciò rende la massa affatto piana e molto atta a conservare l'elettricità.

3.ª Una lamina metallica similmente circolare, alquanto men larga del mastice, in guisa che posata su questo rimanga alcun poco al di dentro dal suo contorno. Inferiormente, dove essa combacia col detto mastice, ella dev'essere ben piana; ma tutto all'intorno le si fa ripiegato l'orlo all'insù, con un incurvamento del diametro di circa mezzo pollice quando lo strumento ha le dimensioni da noi menzionate, ma di un diametro proporzionatamente maggiore se l'apparecchio è più grande. Alla concavità di questa lamina si salda un manico isolante, ovvero le si attaccano, per mezzo di tre anelli disposti a triangolo, tre cordoncini di seta

(1) *Collezione* ec. t. I, Part. I, p. 126.

(2) Pfaff nel nuovo Dizionario fisico di Gehler, art. *Elektrophor*, p. 734.

annodati insieme nelle loro estremità più lontane, col quale manico o coi quali cordoncini possa essa lamina esser posata sul mastice e levata in alto. In luogo di cotal lamina metallica si può far uso di un disco di legno grosso circa un pollice, rotondato nell'orlo, tutto rivestito di foglia di stagno, e appeso a tre cordoncini di seta nel modo già detto. Dalla forma che ha questo pezzo allorquando è di lamina metallica, lo si suole appellare lo *Scudo* dell'Elettroforo (§ 1001).

1197. *Teoria dello strumento*. Abbiamo già in altro luogo (§ 1001) descritto brevemente il modo di farne uso. Ora passeremo minutamente in revista le diverse operazioni che si eseguiscono nel maneggiarlo, considerando quello che interviene in ciascuna operazione, e suggerendo altresì qualche avvertenza per la migliore riuscita.

Elettrizzazione del Mastice. La prima operazione che convien fare a un Elettroforo, si è di cominciare a imprimere nel mastice una carica o positiva o negativa. Volendo elettrizzare questo mastice in meno, come si fa d'ordinario, lo si strofina con una coda di volpe, ovvero con una pelle di gatto o di lepre dalla banda dei peli, ovvero con un pezzo di flanella, ec., sbattendovi sopra più volte l'uno o l'altro di questi corpi; durante il quale strofinamento importa assai che il piatto si trovi in comunicazione col terreno, potendosi con ciò dare al mastice una carica di gran lunga maggiore, prima che esso mostri una forte tensione e ricusi di cedere elettrico ai corpi strofinanti. Si può anche ottener lo scopo col posare lo scudo sul mastice, e coll'elettrizzare negativamente esso scudo mediante la macchina, intanto che il piatto comunica col suolo; con che esso scudo elettrizzandosi fortemente in meno, estrae una quantità di fluido naturale dalle parti più superficiali del mastice. Finalmente si può fare strisciare su questo mastice il ventre di una boccia di Leida carica in più, tenendola in mano per l'unci-

no; ovvero girar su di esso l'uncino d'una boccia carica in meno e impugnata pel ventre; avvertendo di porre anche in questi casi il piatto in comunicazione col terreno, e di non avvicinar troppo al suo orlo l'armatura esterna o l'uncino della boccia, cioè quello di essi che si fa strisciare sul mastice.

Volendo elettrizzare il mastice in più, si può colla macchina caricare positivamente lo scudo collocato su esso mastice; ovvero può farsi strisciare sopra questo mastice l'uncino di una boccia carica in più, o anche l'armatura esterna di una che sia carica in meno; tenendo in tutti i casi il piatto in comunicazione col terreno.

Egli è poi necessario, quando si fa uso della macchina, che il mastice non abbia screpolature, potendo da queste passare l'elettricità al piatto metallico sottoposto, senza fermarsi sulla superficie di esso mastice; la quale avvertenza non è essenziale quando si dà la carica mediante lo strofinamento.

Questa elettricità data al mastice risiede specialmente sulla di lui superficie; però se esso non è troppo consistente, pare che ella penetri alcun poco anche al di sotto. Oltre a ciò, in tutte quelle molecole di esso mastice che non hanno nè perduto nè ricevuto elettrico, il fluido naturale si trova spostato, sì in forza della già detta elettricità stabilitasi nella superficie del mastice stesso, e sì per la elettricità opposta che si stabilisce nel piatto. Nel caso, p. e., che il mastice siasi elettrizzato in meno, il fluido naturale delle sue molecole si trova spostato verso l'alto, cioè ravvicinato alla superficie libera del mastice medesimo. A somiglianza di quanto avviene ne' coibenti armati.

1198. Elettrizzato così il mastice, conserva esso la carica per lunghissimo tempo, specialmente quando sia ricoperto collo scudo e la stagione sia secca; la mantiene cioè vivace per molti giorni, e la conserva

sensibile per mesi ed anche per anni (*). Questa lunga conservazione è dovuta a parecchie cause, fra cui ecco le principali:

1.ª Sono pochissimi i punti di vero contatto fra lo scudo e il mastice, trovandosi quasi dappertutto fra l'uno e l'altro un sottile intervallo occupato da aria. Perciò, quantunque ne' detti punti di contatto l'elettricità indotta dello scudo trapassi al mastice, non può però ciò avvenire che in pochissimi luoghi, e da essi non può cotale elettricità diffondersi sulla rimanente superficie del mastice medesimo, attesa la facoltà coibente di questo.

2.ª Trovandosi la elettricità comunicata al mastice legata da quella contraria stabilitasi nel piatto, e da quella pur contraria che sovente si stabilisce altresì nello scudo pel contatto dell' aria, viene impedita validamente questa elettricità del mastice dal diffondersi superficialmente sino all' orlo del piatto; ossia, nel caso particolare che si tratti di elettricità negativa, viene impedito che le parti centrali della superficie del detto mastice chiamino a sè elettrico dalle parti circostanti della superficie medesima, e queste dalle seguenti, e così fino all'orlo del piatto.

3.ª La elettricità del piatto impedisce altresì validamente a quella del mastice di potersi comunicare al sovrapposto scudo.

4.ª L'essere la detta elettricità del mastice ripartita pressochè equabilmente sulla superficie di esso e non già condensata in punti particolari, fa che essa elettricità non abbia molta forza per comunicarsi allo scudo nè col contatto immediato, nè coll' intermedio dell' aria.

5.ª Il non esservi nella inferior superficie dello scudo delle parti prominenti fa che non si possa fortemente accumulare in luoghi particolari la elettricità contra-

(*) Gehler's *Physik. Wört. neu bearb.*, art. *Elektrophor* p. 737

ria che si stabilisce nella inferior superficie di esso scudo, e che deriva parte dal semplice smovimento del fluido naturale di questo, e parte da sottrazione fatta all'aria sovraincombente e ai corpi che per avventura toccano esso scudo; talchè questa contraria elettricità dee distribuirsi equabilmente in tutta la suddetta inferior superficie dello scudo, senza avere gran forza in nessun punto per passare a distruggere quella del mastice.

6.ª L'essere il mastice ricoperto dallo scudo toglie l'accesso alla polvere e ai peli galleggianti nell'aria, i quali, mancando lo scudo, vi verrebbero abbondantemente attirati, e dopo deposti, supposto il mastice elettrizzato in meno, assorbirebbero a guisa di punte il fluido naturale dell'aria contigua e lo trasmetterebbero ad esso mastice. Oltre a ciò la presenza di questo scudo impedisce il movimento dell'aria, la quale col suo rinnovarsi trasporterebbe via l'elettricità del mastice medesimo.

7.ª Il risorgere che fa nel mastice il *residuo renitente*, ossia la elettricità occultatasi durante la carica, può anch'esso rimettere a poco a poco parte di quella elettricità che esso mastice va perdendo.

8.ª Quando lo scudo si mantiene isolato dagli altri corpi, non può esso acquistare una forte elettricità contraria a quella del mastice: il che ajuta da un certo lato la conservazione dell'elettricità di quest'ultimo, cioè dal lato della diretta comunicazione fra esso e lo scudo; però lascia sussistere un po' più di tendenza alla diffusione verso gli orli. Sta alla sperienza il decidere quale sia nello scudo la condizione più opportuna per la conservazione della elettricità del mastice.

Questa conservazione è però diversa secondo la natura particolare della sostanza di cui è formato esso mastice; cioè secondo la maggiore o minore facoltà isolante di questo, e secondo la diversa maniera con cui

esso rimette la elettricità occultatavisi; la quale elettricità tanto più a lungo mantiene gli effetti, quanto più ella è abbondante e quanto più lentamente risorge. Tocca pure alla sperienza lo scegliere le composizioni migliori; ed essa ha mostrato essere assai buone quelle superiormente nominate.

1199. *Caricamento dello Scudo.* Supponiamo che il mastice sia stato elettrizzato negativamente, come è la pratica più comune. Per caricare lo scudo, si posa questo sul mastice, si mette una mano in comunicazione col piatto, e si porta l'altra a contatto con esso scudo; e con ciò lo scudo in un istante è carico. Il che ecco in qual modo succede.

Nell' atto che la seconda mano sta per toccare lo scudo, si prova in ambe le mani una piccola scossa. E questa proviene da due contemporanee correnti di fluido elettrico; delle quali l'una esce a modo di scintilla dalla seconda mano quando questa è giunta vicinissima allo scudo, mostrandosi esso elettrizzato per attuazione in meno, in grazia della vicinanza del mastice; e l'altra corrente esce dal piatto e si porta nella prima mano, dipendentemente dal venir liberata in questo piatto una parte della sua elettricità indotta, stantechè l'elettrico accorso allo scudo diminuisce l'azione del mastice su esso piatto. Accorre però allo scudo una quantità d'elettrico molto maggiore di quella che corrisponde alla capacità ch'egli avrebbe essendo solitario, e alla tensione negativa ch'esso dimostra essendo posato sul mastice. Perocchè in sul principio, quando si è appena posato esso scudo, non manifesta il mastice che una piccola parte della sua elettricità negativa, per essere questa in gran parte dissimulata da quella positiva stabilitasi per induzione nel piatto. Ma dopo data una prima porzione d'elettrico allo scudo, bastante a saturare la sua apparente piccola deficienza (valutando questa dalla tensione negativa ch'esso mostra, e dalla capacità ch'egli avrebbe essendo

solitario), e partita dopo ciò una prima porzione dal piatto, viene a manifestarsi una seconda porzione di deficienza nel mastice; e questa chiama una seconda porzione d'elettrico sullo scudo, e quest'ultima fa partire una seconda porzione dell'elettricità indotta del piatto. Nello stesso modo viene a rendersi sensibile nel mastice una terza porzione di deficienza, ad accorrere una terza porzione d'elettrico allo scudo, e a partirne una terza porzione dal piatto. E così di seguito fino a che sia accorsa una assai grande quantità d'elettrico allo scudo, e una assai grande ne sia partita dal piatto. E tutte queste porzioni vanno successivamente decrescendo dall'una all'altra; la più grande di tutte è la prima accorsa allo scudo; è appena più piccola la prima che parte dal piatto; ancor minore è la seconda che accorre allo scudo; più piccola ancora è la seconda che parte dal piatto, ec.; in guisa che alla fine esse divengono affatto insensibili, e quantunque infinite di numero, danno una somma finita sì le porzioni accorrenti allo scudo, come quelle sfuggenti dal piatto. E l'afflusso allo scudo è tutto continuato; appena accorsa la prima porzione, le tien dietro immediatamente la seconda, a questa la terza ec., con una successione sì rapida che passano tutte in una unica scintilla, lasciando soltanto indietro qualche poco di residuo, al modo di un coibente armato in cui si distrugga una carica negativa. E così pure si seguono l'una l'altra continuatamente le porzioni decrescenti d'elettricità indotta che sfuggono dal piatto.

La carica dello scudo, supposto ancora lo strumento tutto isolato, si può altresì ottenere *per alternazione*, toccando alternativamente ora esso scudo ed ora il piatto. In ciascuno de' quali toccamenti si spengono le apparenze elettriche in quella parte dello strumento che viene toccata, e ne risorgono altre di specie contraria nella parte opposta; e queste apparenze, supponendo sempre che il mastice siasi elettrizzato in me-

nò, sono negative per lo scudo e positive pel piatto, e vanno continuamente decrescendo di grandezza fino a che dopo una lunga serie di toccamenti si sono rese affatto insensibili. Cotali apparenze sono affatto analoghe a quelle che si osservano nello scaricare per alternazione un quadro frankliniano isolato (p. 319); e si possono rendere manifeste con due elettrometri, l'uno comunicante collo scudo e l' altro col piatto, con due elettrometri a quadrante finchè le tensioni sono forti, con due a pagliette quando esse tensioni son divenute deboli (*).

In luogo di toccare il piatto con una mano e avvicinar l' altra allo scudo, si può fare la doppia operazione con una sola mano, toccando, p. e., coll' indice della sinistra il piatto e avvicinando il pollice della medesima sino a toccare lo scudo: allora questa mano dà contemporaneamente elettrico allo scudo e ne riceve dal piatto, e le due correnti in luogo di congiungersi attraverso al corpo della persona, lo fanno nel breve spazio della mano.

Si può anche tenere il piatto in buona comunicazione col terreno, e avvicinare un dito sino al contatto dello scudo. Allora, intanto che lo scudo riceve elettrico dal dito, il piatto ne dà al terreno, e l' elettricità fa un circuito assai più lungo che ne' modi ora citati: per lo strumento però il risultamento finale è lo stesso, e lo scudo viene in ogni caso a ricevere la medesima carica. Vi è solo a notare che non essendo in generale il terreno un ottimo conduttore, l' elettricità suol passare allo scudo in una serie di minute scintillette che non danno scossa; precisamente come quando si scarica un quadro frankliniano carico in meno, toccandone l' armatura isolata con una mano, intanto che l' altra armatura comunica col suo-

(*) Queste alternative si trovano descritte da Cavallo nel suo *Trattato completo* ec., a p. 483.

lo. È però migliore la pratica di toccare il piatto colla mano, potendo il terreno non essere abbastanza pronto a dissipare l'elettrico messo in libertà in esso piatto dalla carica dello scudo, e potendo anche lasciarne indietro una porzione.

1200. Caricato lo scudo e lasciato questo sul mastice, i segni elettrici di esso mastice si trovano dissimulati, e tanto più perfettamente quanto minor parte della superficie elettrizzata di esso mastice rimane scoperta dallo scudo medesimo. E l'elettricità viene a trovarsi distribuita come segue.

1.° Il mastice conserva la sua elettricità che suppongo essere la negativa, soffrendo peraltro qualche leggiera diminuzione per elettrico datogli dallo scudo, specialmente se son poche volte che quest'ultimo vien posato e caricato. Però lo spostamento del fluido naturale delle sue molecole viene ad essere alquanto diminuito, essendo scemata notabilmente la forza che traeva questo fluido verso la superficie del mastice.

2.° Per determinare la quantità d'elettrico accorsa allo scudo, fa d'uopo considerare lo scudo e il piatto siccome armature di un quadro ove il mastice faccia da strato coibente, e cercare qual carica sarebbe necessaria allo scudo, affinchè, supposto privo il mastice di elettricità e comunicante il piatto col terreno, si stabilisca in esso scudo una tensione positiva egualmente forte come è la negativa che esso effettivamente mostra per l'influenza del mastice. E questa carica sarà la cercata; giacchè ella basta a distruggere tutta l'apparente elettricità negativa mostrata per attuazione dallo scudo medesimo.

Supponiamo per un esempio che il mastice sia grosso due linee, computate dalla superficie in contatto col piatto fino al luogo ove risiede l'elettricità negativa impressagli; e che sia carico in meno come — 50, ma che dia segno appena come — 1, venendo il resto della sua carica negativa dissimulato dall'elettrico

accorso per induzione nel piatto durante lo strofinamento; e che questa tensione — 1 del mastice ne cagioni una di — 0,995 nello scudo sovrappostogli. Supponiamo che fra lo scudo e la superficie del mastice si trovi interposto uno strato d'aria grosso in adequato $1/5$ di linea, e che dall'esterna superficie del mastice sino alla sede dell'elettricità negativa vi sia $1/10$ di linea, presa in ciò la profondità media di questa elettricità. E in fine ammettiamo che nell'attraversare questo $1/5$ di linea d'aria e questo $1/10$ di linea di mastice, l'attuazione esercitata dall'elettricità del mastice decresca come nell'attraversare una intera linea di esso mastice; e ciò in grazia dell'essere cotal mastice più facilmente attraversato dalle azioni attuanti che non l'aria, atteso lo smovimento che può avvenire nel fluido naturale delle di lui molecole. In questi supposti l'intervallo fra lo scudo e il piatto sarà equivalente a uno di tre linee di mastice. Ma se con due linee di distanza ci voleva la carica — 50 perchè ne comparisse una come — 1, a una distanza di tre linee, perchè compaja la carica + 0,995, ce ne vorrà una di $2/3 . 50 . 0,995$, ossia di 33 $1/6$. Accorrerà adunque allo scudo prossimamente la quantità 33 $1/6$ di fluido elettrico, del quale ne rimarrà sensibile una parte come 0,995 atta a distruggere in esso scudo le apparenze prodotte dall'elettricità negativa del mastice: il resto di cotale elettrico accorso allo scudo verrà dissimulato da una quantità opportuna sfuggita dal piatto.

3.° Il piatto finalmente viene anch'esso a trovarsi elettrizzato in più, ma meno dello scudo. Nell'esempio numerico precedentemente citato, ove il mastice si trova privato di 50 parti d'elettrico, il piatto ne riceve prossimamente 49 $1/4$ per induzione all'atto dello strofinamento; ma al venirne 33 $1/6$ nello scudo, esso piatto ne perde una quantità equivalente (sempre prossimamente) a $\frac{49\ 1/4}{50}$ di questa carica dello scudo;

non già a $\frac{49\,^1/_2}{50}$, giacchè questo avverrebbe se l'intervallo fra lo scudo e il piatto fosse di due sole linee di mastice: viene dunque esso piatto a perdere $\frac{49\,^1/_4}{50}.33\,^1/_6$ parti, e a conservarne $49\,^1/_2 - \frac{49\,^1/_4}{50}.33\,^1/_6$ ossia $16\,^5/_6 - ^1/_{400}$, prossimamente.

In generale fra lo scudo e il piatto si ripartisce una quantità d'elettrico che basterebbe a compensare quasi esattamente la deficienza del mastice, se a questo fosse comunicata, e che basta quasi esattamente a dissimulare cotale deficienza, stando essa quantità d'elettrico distribuita come è realmente all'intorno del mastice medesimo. E se lo scudo e il piatto cingessero compiutamente fra l'uno e l'altro il mastice, la detta quantità d'elettrico sarebbe tale che basterebbe esattissimamente e a compensare la suddetta deficienza, e a dissimularla ai corpi esteriori (§ 986).

E questa quantità d'elettrico si ripartisce prossimamente fra il piatto e lo scudo in ragione inversa delle loro distanze dalla superficie ove risiede l'elettricità negativa del mastice, immaginando però che nel computo sia sostituito allo strato d'aria un equivalente strato della materia di esso mastice. La quale maniera di ripartizione si vede aver luogo nell'esempio numerico or ora supposto, e la cosa si potrebbe dimostrare per qualsivoglia caso, generalizzando il ragionamento fatto. Veggansi anche i § 1046 e 1047.

E qui si scorge a che giovi la sottigliezza dello strato di mastice. Fa essa non solo che a pari tensione apparente possa esso mastice ricevere collo strofinamento una più abbondante carica, e quindi si mantenga elettrizzato più a lungo; ma fa altresì che lo scudo possa ricevere maggior carica, prima che sia distrutta la deficienza ch'esso mostra per attuazione.

Come poi faccia lo scudo a conservare l'elettricità ricevuta, senza trasmetterla al vicino mastice contra-

riamente elettrizzato, l'abbiamo veduto poc' anzi al § 1198.

1201. *Usi dello Scudo caricato.* Immaginiamo ora che lo scudo, dopo elettrizzato, p. e., in più, venga levato in alto. Avvertiremo che in questa operazione si dee cercare di tenerlo ben parallelo alla superficie del mastice: altrimenti l'elettrico eccedente distribuito in esso scudo potrebbe accorrere ed accumularsi nella parte più vicina al detto mastice, e di qui, quando l'addensamento divenisse abbastanza grande, trapassare al mastice medesimo; il che farebbe due danni, l'uno momentaneo nello scudo di cui si dissiperebbe la carica ricevuta, l'altro durevole nel mastice che renderebbesi meno efficace per le cariche successive dello scudo medesimo. E similmente, perchè lo scudo conservi, anche dopo alzato, la sua carica, è d'uopo che non abbia nè punte nè asprezze, e che il manico di vetro o i cordoncini di seta isolino a dovere.

Dopo alzato lo scudo, e supposto che il piatto sia isolato, manifesta il mastice de' vivaci segni della sua elettricità negativa, cioè mostra quasi tutta quella parte di elettricità che precedentemente era dissimulata dallo scudo; e questi segni vengono mostrati per attuazione anche dal piatto che porta il mastice. Può dunque questo piatto attirare i corpi leggieri, mostrare la stelletta nelle punte annessevi, far comparire il fiocco nelle punte avvicinate, chiamare a sè delle scintille dai corpi appressati, ec. Quando in vece esso piatto è in buona comunicazione col terreno, all'alzarsi dello scudo passa dal terreno a cotale piatto una quantità d'elettrico che basta a dissimulare compiutamente i segni negativi di esso piatto, e quasi compiutamente anche quelli manifestati dalla superficie libera del mastice.

Così pure si manifestano nello scudo i segni della sua elettricità positiva, cessando questa d'essere dissimulata dalla presenza del mastice; e perciò potrà

anche esso scudo mostrare tutti i segni di un corpo dotato in forte grado di una tale elettricità. I quali effetti saranno più vivi o più deboli secondo che lo scudo si sarà più o meno allontanato dal mastice, e secondo che questo comunicherà col suolo ovvero sarà isolato.

1202. Venga ora lo scudo avvicinato a un conduttore non isolato, alla mano, a una boccia di Leida impugnata colla mano, ec. Darà esso a questi corpi una scintilla, mediante la quale, quando il piatto abbia un'ottima comunicazione col terreno o col corpo dell'operatore, si scaricherà quasi tutta la elettricità di esso scudo; e intanto il piatto chiamerà a sè, con una specie di *contraccolpo elettrico*, una nuova quantità di fluido elettrico o dal terreno o dal corpo dello sperimentatore, la quale compensi lo stato negativo che in esso piatto si viene a manifestare per la mancanza dell'elettricità positiva dello scudo. E non dico già che la scarica di esso scudo sarà totale, ma solo che sarà quasi totale, sì perchè rimane sempre nel mastice una qualche azione su esso scudo, e sì perchè, come vedremo a suo tempo, un conduttore che si scarichi vicino ad altri corpi conserva generalmente un residuo della sua carica, venendo trattenuto questo residuo dai corpi vicini elettrizzatisi contrariamente per induzione. Sarà similmente quasi totale la scarica dello scudo quando esso siasi allontanato notabilmente dal piatto, quantunque questo piatto non venga lasciato in comunicazione col suolo; giacchè gli effetti della elettricità di quest' ultimo sono indeboliti dalla distanza. Ma sarà essa scarica solamente parziale quando il piatto sia vicino e isolato, come è ben chiaro.

1203. Venga finalmente lo scudo rimesso di nuovo sul mastice. Se durante lo stato di separazione non avevano perduto nè l'uno nè l'altro delle loro elettricità, col ricongiungimento i loro segni elettrici vengono di nuovo a scomparire. In caso diverso, riman-

gono superstiti i segni di quello che ha fatto perdita minore.

Il caso più comune è quello che lo scudo venga rimesso, dopo avere perduta la massima parte della sua carica mediante qualche scintilla vibrata a qualche altro corpo intanto che il piatto comunicava col suolo. In tal caso, ricongiunto lo scudo e rinnovate le comunicazioni indicate poc'anzi, p. e. quella del piatto con un dito posto a contatto, e quella dello scudo con un altro dito della stessa mano avvicinato similmente sino al contatto, se ne ottengono di nuovo i fenomeni già descritti, e lo scudo viene a caricarsi un'altra volta come precedentemente, e alzato può dare una seconda scintilla quasi uguale alla precedente. E così pure, tornando a ripetere la stessa operazione, ne può dare una terza, una quarta, continuando anche per migliaja di volte.

Seguitando però queste operazioni, la carica del mastice va gradatamente scemando, e con essa anche la forza delle scintille che se ne cavano. E questa successiva diminuzione si mostrà specialmente in sul principio, quando la carica di esso mastice è ancora assai forte; anzi le prime volte che si leva in alto lo scudo, si sente uno strepito come staccando della carta incollata, a cagione di piccole scintillette che dalle parti più prominenti dello scudo vengono scoccate verso il detto mastice. Una parte però dell'elettricità del mastice viene altresì distrutta dallo scudo mentre questo sta posato, e una parte vien tolta dall'aria mentre lo scudo sta levato. Nelle volte seguenti la perdita d'elettricità fatta dal mastice è minore, e in fine la carica si riduce sensibilmente invariabile, specialmente se il tempo è secco. A lungo andare però vi si riconosce ancora della diminuzione, e col rendersi umida l'aria ambiente, essa carica svanisce quasi affatto.

1204. *Osservazione* 1.ª Ne' tempi umidi si può procurare la secchezza del mastice artificialmente, scal-

dandone leggiermente la superficie al fuoco, o anche esponendolo semplicemente ai raggi del sole, badando però di scaldare lentamente perchè la massa non iscrepoli. Se dopo ciò lo si strofina colla coda di volpe o altrimenti, esso riceve e conserva la carica assai meglio.

1205. *Osservazione* 2.ª Quando la carica del mastice siasi notabilmente indebolita, e non si abbia in pronto una pelle o altro per istrofinarlo, Volta consiglia di caricare una boccia di Leida coll' ajuto di quella poca elettricità che ancor gli rimane, e di fare quindi strisciare su di esso l'armatura esterna della boccia, nel modo indicato al § 1197; tornando, se fa d'uopo, a ricaricare la boccia. Con ciò si arriva a repristinare la carica primitiva, e spesso anche a ridurla più grande di quello che si potrebbe collo sfregamento. Per ottenere poi più sicuramente questo repristinamento ed accrescimento, si può far uso di due bocce di Leida caricate entrambe internamente coll'elettricità dello scudo, e delle quali con un bastone di cera lacca si faccia passeggiare l'una col ventre sulle diverse parti della superficie del mastice, mentre l'uncino di essa vien tenuto in continua comunicazione col ventre dell'altra, e l'uncino di questa vien ritenuto dalla mano. Vedi la fig. 141.

1206. *Osservazione* 3.ª Che avverrà egli posando lo scudo sul mastice, senza quindi toccarlo? Prenderà esso scudo elettricità positiva, ovvero negativa?

Operano qui due cause tendenti ad effetti contrarii, cioè: 1.ª Il contatto col mastice che tende ad elettrizzare lo scudo in meno; 2.ª L'azione attuante del mastice medesimo, la quale tende a fare che lo scudo tolga elettrico all'aria e si elettrizzi in più. Potremo dunque avere diversi effetti secondo che prevarrà l'una causa o l'altra. I peli deposti, la scabrezza della superior superficie dello scudo, favoriscono la comunicazione coll'aria; l'avere lo scudo qualche scabrezza inferiormente, e l'essere il mastice stato caricato di fresco,

talchè tutte le sue prominenze sieno elettrizzate in meno, favoriscono la comunicazione dell'elettricità del mastice medesimo. In quanto alla forza della carica e all'umidità dell'atmosfera, non saprei dire se ajutino più l'uno effetto o l'altro. In alcune sperienze fatte dal prof. Barletti, lo scudo alzato senza precedente toccamento mostrò elettricità omologa a quella del mastice (*). In vece io vi ho trovato in moltissime prove l'elettricità opposta.

1207. *Osservazione* 4.ª Avviene spessissimo che dopo aver posato lo scudo senza quindi toccarlo, e dopo averlo lasciato così a sè per cinque o sei ore, se si tocca con un dito il piatto, e poscia con un altro dito esso scudo, se ne ha una sensibile scintilla. Ciò mostra, supposta negativa la carica del mastice, che lo scudo non ha potuto in tutto questo intervallo di tempo prendere dall'aria tanto elettrico quanto basti a rimetterne la superior superficie allo stato naturale. Al che concorrono: 1.° la poca tensione negativa che ha il mastice, essendone la carica dissimulata in gran parte dal piatto; il che fa riuscire assai piccola anche la tensione negativa attuata dello scudo; 2.° la poca attitudine de' corpi a togliere elettrico all'aria quando la loro tensione negativa è assai debole; 3.° il passaggio di una certa quantità d'elettrico dallo scudo al mastice, e il risorgimento in questo d'una porzione della carica latente.

1208. *Osservazione* 5.ª Abbiamo già detto che il mastice può anche essere caricato in più, e ne abbiamo indicati i modi. Come in questo caso si comporti lo strumento, è facilissimo a vedersi dopo le cose già dette, e noi il lasciamo considerare ai lettori. Sarebbe però da esaminare se si conservi più a lungo la carica positiva o la negativa.

1209. *Di alcune modificazioni nella costruzione dello strumento.* Per caricare comodamente lo scudo quando lo si posa sul mastice, può servire una linguetta di foglia di stagno, la quale comunichi col piatto e partendo dall'orlo del mastice si avanzi su questo sino a toccare lo scudo mentre è posato. Fa questa linguetta

(*) *Dubbii e pensieri* ec. § 118 e 136.

l'ufficio di quella mano che con alcune dita tocca il piatto, e col pollice lo scudo.

1210. Volendo effetti più grandi, si danno allo strumento delle dimensioni maggiori di quelle indicate, con che esso può divenire senza paragone più poderoso.

Uno de' più grandi Elettrofori che si sieno costruiti, è quello stato fabbricato da Klindworth a Gottinga. Aveva esso il mastice del diametro di sette piedi e della grossezza di mezzo pollice, con uno scudo del diametro di sei piedi; ed era questo scudo appeso a 13 cordicelle lunghe quattro piedi e raccolte insieme all'alto, le quali venivano alzate e calate mediante una taglia. Dopo strofinato il mastice con una pelle di lepre, se ne avevano dal piatto isolato delle scintille lunghe da 4 a 6 pollici; e tre o quattro di quelle dello scudo bastavano a sovraccaricare una boccia d'un piede quadrato d'estensione armata. Talvolta saltavano dallo scudo al mastice delle scintille lunghe 15 pollici, grosse come il tubo di una penna da scrivere, e simili nella forma a piccole folgori; e il mastice ne veniva spezzato.

Assai grande era pure quello adoperato in molte sperienze da Lichtenberg, nel quale il diametro del piatto era di sei piedi, e quello dello scudo di cinque.

Ma più grande sì di questo che del precedente è quello posseduto dal Gabinetto Fisico di Vienna, ove il mastice ha il diametro di sette piedi e nove pollici e mezzo, con una grossezza di due pollici, e il diametro dello scudo manca di dieci pollici da quello del mastice (1).

Siffatti giganteschi Elettrofori possono servire a caricare delle batterie, e a far le veci delle più possenti macchine elettriche. Egli è poi evidente come al

(1) Gehler's *Physik. Wört. neu bearbeitet*, art. *Elektrophor*, pag. 735 e 742.

crescerne delle dimensioni debba divenire più abbondante la carica sì del mastice che dello scudo. Per intendere come in quest'ultimo s'accresca anche la tensione, si consideri che la carica massima che può ricevere lo scudo senza passaggio di essa al contiguo mastice, cresce in ragione del quadrato del diametro di esso scudo, mentre la capacità di questo, quando è sollevato, cresce nella ragione semplice di un tale diametro (p. 106). Per es. nell'Elettroforo di Vienna la carica dello scudo può arrivare ad essere 70 volte più grande che quella di uno scudo del diametro di 10 pollici; ma la capacità non è che 8 $^1/_3$ volte maggiore; dovrà dunque aversi nel detto scudo alzato una tensione 8 $^1/_3$ volte più grande.

1211. *Applicazioni.* Uno de' principali vantaggi di questa invenzione si è di presentare con pochissima spesa e pochissimo lavoro un'assai comoda specie di macchina elettrica, atta ad un gran numero di sperienze.

In particolare poi questo strumento è utilissimo ogni volta che si abbia ad amministrare l'elettricità in dosi determinate; il che occorre sovente, p. e. nel misurare la capacità delle bocce di Leida, nel valutare la forza di un condensatore, ec.

1212. *Accendilume elettrico.* È questo un apparecchio nel quale all'aprirsi di una chiave esce da una cannuccia metallica una corrente di gas idrogeno, prodotta ordinariamente dalla decomposizione dell'acqua, mediante un acido mescolatovi e un pezzo di zinco immersovi; e nello stesso tempo scocca attraverso a questa corrente una scintilla elettrica somministrata dallo scudo di un elettroforo che si eleva pel girare della chiave medesima; colla quale scintilla la corrente di idrogeno s'infiamma, e accende una candelina di cera. Non entrerò a darne descrizione più minuta, non potendosene fare un'idea abbastanza chiara senza avere sott'occhio la macchinetta.

1213. *Macchina ad attuazione.* Così io chiamo una maniera di macchina elettrica da me descritta alcuni anni sono, e in cui si trovano combinati gli effetti del *Duplicatore*, e quelli dell'Elettroforo (*). Essa è rappresentata dalla fig. 142, ed è formata delle seguenti parti:

1.° Di due casse parallelepipede *Y*, *Z*, aperte sì l'una che l'altra dall'uno de' sei lati, e atte a combaciare insieme pei lati aperti, in guisa da formare fra tutte e due un'unica cassa parallelepipeda a basi quadrate, tutta chiusa ad eccezione di alcuni piccoli fori, e internamente vacua. Ciascuna di queste mezze casse è fatta di due armature di ferro, una esterna ed una interna, separate da un grosso strato di mastice. Le due armature interne si possono far comunicare coi corpi esterni mediante due fili metallici terminati da due pallette pur metalliche *l*, *l'*, i quali, difesi da due tubi di vetro, attraversano il mastice e le armature esterne.

2.° Di un disco di cristallo rivestito di tre foglie isolate di stagno *N*, *N*, *N*, il quale può girare velocissimamente nel vano della doppia cassa intorno all'albero *LO*, per mezzo di alcune ruote collocate sotto alla cassa medesima, e delle quali la figura ne mostra una annessa alla parte inferiore del detto albero. Ciascuna delle tre foglie metalliche può comunicare coi corpi esterni sì quando ella si trova entro una delle mezze casse che quando si trova entro l'altra, e ciò col mezzo di due fili metallici pqx, $p'q'x'$, chiusi in due tubi di vetro, uno per ciascun filo, passanti con questi loro tubi attraverso le pareti l'uno dell'una cassa e l'altro dell'altra, e terminati esternamente in due pallette metalliche, e internamente in due viluppi di cedevoli fili d'acciajo.

Per usare questa macchina s'incomincia a caricare, p. e. in più, anche leggierissimamente, una delle armature interne, e. g. quella della mezza cassa *Y*; al che, se non si ha in pronto altro mezzo, può bastare una moneta d'argento tenuta da una mano bagnata e fatta toccare colla palletta metallica *l*. Dopo di che si aumenta questa piccola carica con

(*) *Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto*, anno 1831, p. 111.

una pratica poco diversa da quella insegnata pel duplicatore a pag. 395. Vale a dire si fanno comunicare le foglie *N*, *N*, *N* col terreno quando esse si trovano entro la mezza cassa *Y*, e coll'armatura interna della cassa *Z* ogni volta ch'esse sono entrate in questa: con che entrando nella *Y* esse si elettrizzano per induzione in meno, ed entrando nella *Z* rimettono all'interna armatura di questa l'elettricità negativa acquistata, la quale col lungo girare delle dette foglie vi si accumula assai più di quello che sia accumulata la positiva nell'interna armatura della *Y*. Dopo ciò si cangiano le comunicazioni; si fa cioè che le foglie *N*, *N*, *N* comunichino col terreno quando si trovano entro la *Z*, e coll'interna armatura della *Y* quando si trovano entro essa *Y*; nel qual modo cotali foglie aumentano la carica positiva di essa *Y* a un grado assai maggiore di quel che è la negativa della *Z*. Poi si tornano a ristabilire le prime comunicazioni, quindi le seconde; e così fino a che le due contrarie cariche delle due armature sienosi rese assai forti.

Ciò ottenuto, si lasciano isolate le due armature interne, e si mette in comunicazione coi corpi che si vogliono elettrizzare, o il filo pqx ovvero il filo $p'q'x'$, secondo che si vuol dare o una carica positiva o una negativa, mettendo l'altro di essi fili in comunicazione col terreno. Supponiamo che si voglia elettricità positiva, e che quindi si sia posto il filo pqx in comunicazione col corpo da elettrizzarsi, e il filo $p'q'x'$ col terreno. Ogni volta che le foglie *N*, *N*, *N* entreranno nella mezza cassa *Z* si elettrizzeranno per induzione in più, e all'entrare nella *Y* daranno al detto corpo non solo l'elettrico sovrabbondante testè ricevuto, ma eziandio una porzione del loro fluido naturale, in forza dell'azione attuante esercitata dalla mezza cassa *Y*. E girando esse foglie velocissimamente potranno in un brevissimo tempo comunicare una quantità d'elettrico grandissima.

CAPO VII.

DELLE ATTRAZIONI E RIPULSIONI FRA I CORPI ELETTRIZZATI

1214. Abbiamo parlato in molti luoghi delle attrazioni e delle ripulsioni che i corpi elettrizzati manifestano fra sè stessi e coi corpi non elettrizzati. Passeremo ora a esaminarle di proposito; con che verremo a considerare una nuova classe di fenomeni, cioè de' fenomeni riguardanti non più il fluido elettrico per sè medesimo, ma bensì i corpi ove esso si trova.

Forze elementari.

1215. *Enumerazione delle forze elementari.* Le leggi che hanno luogo nella distribuzione del fluido elettrico ci hanno fatto conoscere (p. 83 e 84) essere questo fluido soggetto all'azione di due forze, cioè: 1.° *a una ripulsione operante fra le sue proprie parti; 2.° a un'attrazione verso la materia pesante spoglia d'elettrico;* ed essere queste due forze bastevoli a spiegare tutte le particolarità che riguardano una siffatta distribuzione. Non bastano però esse a dar ragione de' movimenti de' corpi elettrizzati, ma è d'uopo aggiungervene due altre.

Deesi primieramente aggiungere un' *attrazione che la materia pesante spoglia d'elettrico sente verso l'elettrico medesimo.* Questa, quando si ammetta la materialità dell' elettrico, è una conseguenza necessaria della seconda fra le azioni già nominate, attesa la legge della reazione uguale e contraria all' azione. E però la possiamo collegare colla detta seconda azione, dicendo che il *fluido elettrico e la materia diselettrizzata si attraggono reciprocamente.*

In secondo luogo deesi aggiungere *una ripulsione scambievole fra le parti della materia pesante spoglia d'elettrico*. Per concepire come realmente esista una tale ripulsione (supposta vera l'ipotesi di Franklin), immaginiamo posti a fronte l'un dell'altro due corpi isolati, e tolte loro altre ed altre dosi di fluido naturale sino a renderneli affatto privi. È chiaro che in sulle prime, cioè fin dove potremo con reali sperienze recare ad effetto l'intento nostro, i due corpi manifesteranno una vicendevole ripulsione successivamente crescente. Ma è certo che questa ripulsione dee continuare a crescere anche per le ulteriori privazioni d'elettrico. Da ciò siamo tratti a conchiudere che se i due corpi si potranno ridurre affatto privi d'elettrico, essi tenderanno con grandissimo sforzo ad allontanarsi l'uno dall'altro. Che se giunti a questo stato, verranno essi divisi in minutissimi pezzi, ed anche nelle loro ultime molecole elementari, avrà ancora luogo questa medesima tendenza fra qualsivoglia pezzo dell'un corpo e qualsivoglia pezzo dell'altro, e anzi ella avrà luogo altresì fra tutti i pezzi che appartengono a un medesimo corpo. Dirà taluno non esser questo che un effetto apparente, prodotto dall'azione di altri corpi estranei a quelli che si considerano. Ammetta egli pur così, non volendosi qui questionar sulla causa; si desidera soltanto ch'egli conceda che nello stato attuale delle cose, due porzioni qualsivoglia di materia, formanti, se così egli vorrà aggiungere, una porzione piccolissima della materia dell'universo, quando vengano spogliate affatto di fluido elettrico, debbon tendere ad allontanarsi l'una dall'altra.

Noi abbiamo pertanto, per la spiegazione de' movimenti elettrici, tre specie di forze elementari, cioè:

1.ª *Ripulsione vicendevole fra le parti del fluido elettrico;*

2.ª *Attrazione vicendevole fra l'elettrico e la materia pesante spoglia d'elettrico;*

3.ª *Ripulsione vicendevole fra le parti della detta materia pesante spoglia d'elettrico.*

1215. *Relazione fra le suddette forze elementari.* Abbiansi a fronte l'uno dell'altro due corpi A e B allo stato naturale, il primo formato di una quantità M di materia pesante e di una quantità E di fluido elettrico, e il secondo di una quantità M' di materia pesante e di una quantità E' di fluido elettrico; e consideriamo ad una ad una le azioni parziali che esistono fra i quattro elementi M, E, M', E', i quali per comodità scriveremo qui sotto a fronte gli uni degli altri:

$$A\left\{\begin{matrix} E & E' \\ M & M' \end{matrix}\right\}B$$

Noi avremo:

1.° Una ripulsione fra E ed E', tendente ad allontanare con eguale sforzo la E per un verso e la E' pel verso opposto;

2.° Un'attrazione fra E ed M', tendente ad avvicinare con forze uguali la E alla M' e la M' alla E;

3.° Un'attrazione fra E' ed M, sollecitante con forze uguali la E' verso la M, e la M verso la E';

4.° Una ripulsione fra M ed M', sollecitante questi due elementi con egual forza secondo direzioni contrarie.

Cominciamo a paragonare la seconda di queste azioni colla prima; e a tal uopo riflettiamo che, trattandosi di due corpi allo stato naturale, la presenza del corpo B non ismuove minimamente dal proprio luogo la quantità E d'elettrico. Ne possiamo dedurre che questa quantità E è tanto attratta da M' quanto respinta da E', e che perciò la seconda azione è uguale alla prima.

Sono similmente uguali la prima e la terza; perciocchè la quantità E' d'elettrico non viene minimamente smossa dal suo luogo dalla presenza del corpo A, ed è perciò tanto attratta da M quanto respinta da E.

Rimane la quarta azione. Questa, quando i corpi non fossero soggetti all'attrazione universale, avrebbe la stessa grandezza delle tre forze precedenti. Mancando in fatti la

gravitazione, i due corpi A e B presi in complesso non manifesterebbero fra loro nessuna azione nè attrattiva nè ripulsiva. Perciò, considerando le azioni parziali che sollecitano il corpo A, ossia i suoi elementi M ed E, verso il corpo B, dovrebbero le ripulsioni fra M ed M' e fra E ed E', distruggere compiutamente le due attrazioni; ed essendosi già veduto che la ripulsione fra E ed E', e le attrazioni fra M ed E', e fra M' ed E sono fra loro uguali, dovrebbe anche la ripulsione tra M ed M' avere la medesima grandezza delle altre tre forze. Siccome però i corpi allo stato naturale si attraggono leggierissimamente, così una tale quarta forza è alcun poco minore delle altre tre. La differenza però è estremamente piccola (*).

1217. *Osservazione* 1.ª Questa ripulsione fra i corpi privi d'elettrico noi possiamo concepirla distinta in due azioni, l'una R ripulsiva e questa perfettamente uguale alle altre tre azioni che abbiamo testè considerate, e l'altra A attrattiva e uguale alla gravitazione. Quando i corpi sono allo stato naturale, la prima è distrutta dalle altre tre e non ha luogo che la seconda. E quando i corpi sono elettrizzati, gli effetti che hanno luogo fra essi sono da questa seconda azione così poco modificati, che noi possiamo senza verun inconveniente trascurarla, e tener conto soltanto della prima.

1218. *Osservazione* 2.ª La suddetta relazione fra le quattro azioni parziali operanti fra due corpi allo stato na-

(*) Abbiansi due pallette di midollo di sambuco o d'altra materia assai leggiera, della gravità specifica di 0,1 soltanto, e del diametro di un centimetro ciascuna; e queste, per mezzo di due sottili fili conduttori lunghi 95 millimetri e congiunti alla sommità, sieno appese a un conduttore, il quale venga elettrizzato in meno mediante una macchina; in forza della quale elettricità supponiamo ch'esse acquistino una divergenza di 60°, ossia del sesto della circonferenza, il che non è niente fuori di quanto può accadere. Si troveranno esse allora alla distanza di un decimetro da centro a centro, e si repelleranno con una forza uguale al peso di ciascuna di esse diviso per $\sqrt{3}$, come si può trovare con facile calcolo. Volendo la forza con cui esse si attraggono per mezzo della gravitazione, si rifletta che una tal forza, che noi chiameremo f, sta al peso p di una delle pallette, come la massa dell'altra palletta divisa pel quadrato della distanza fra i loro centri sta alla massa della terra divisa pel quadrato del raggio di questa. Ritenendo per-

turale sussiste anche nel caso che i due corpi si riducano a non esser più che due molecole elementari. Per conseguenza qualsivoglia molecola materiale che si trovi allo stato naturale si può ritenere come formata da una porzione di materia pesante e da una porzione di fluido elettrico associatavi, le quali porzioni di materia pesante e d'elettrico esercitino due contrarie azioni egualmente forti su ciascuna particella d'elettrico estranea, e due altre azioni, similmente contrarie e quasi egualmente forti, su ciascuna estranea particella di materia pesante spoglia d'elettrico. E però un qualsivoglia corpo che si trovi allo stato naturale non esercita azione alcuna nè attraente nè respingente sulle esterne molecole d'elettrico, e una attrazione leggerissima sulle esterne molecole di materia pesante diselettrizzata.

ciò la densità media della terra $= 5$, e il suo raggio $= 6370000$ metri, avremo

$$f : p :: \frac{(0,01)^3.0,1}{(0,1)^2} : \frac{(12740000)^3.5}{(6370000)^2}$$

$$:: 1 : 12740000 . 4 . 5 . 1000000 . 0,1$$

$$:: 1 : 25\,480000\,000000$$

$$f = \frac{p}{25\,480000\,000000};$$

invece la ripulsione r delle due palle elettrizzate è data da

$$r = \frac{p}{1,732};$$

donde

$$r = 14\,700000\,000000 \;.\; f.$$

È però da riflettere che colla già detta divergenza di 60° le due pallette sono ben lontane dall'essere prive affatto del loro fluido naturale, non trovandosi deficiente d'elettrico che un sottilissimo velo superficiale. Supponendo che questo velo sia uguale a 1/100 della massa di ciascuna palletta, si avrebbe dalla totale privazione d'elettrico una ripulsione la quale supererebbe oltre a diecimila volte quella considerata, cioè sarebbe uguale a diecimila volte quella ripulsione che mostrerebbero le due pallette togliendo dalla massa di ciascuna i 99/100 che sono allo stato naturale, e perciò supererebbe oltre a 147 mila bilioni di volte l'attrazione di gravitazione. Concluderemo da ciò che la quarta delle accennate forze è minore di ciascuna delle altre tre, ma di una differenza che è molti bilioni di volte più piccola di ciascuna delle tre medesime.

1219. *Osservazione* 3.ª L'eguaglianza delle prime tre delle dette azioni, considerate fra due molecole elementari *a* e *b*, ci permette di estendere a tutte e tre quella legge che la sperienza ci ha manifestato in una di esse. Infatti se le dette azioni sono fra loro uguali alle piccole distanze, alle mediocri ed alle grandi, egli è necessario che all'aumentarsi di cotali distanze tutte queste azioni decrescano con una medesima legge. E avendo dalla sperienza che la vicendevole ripulsione fra l'elettrico della molecola *a* e quello della *b* varia in ragione inversa de' quadrati delle distanze (pag. 84), noi possiamo concludere che cotal legge ha altresì luogo tanto per l'attrazione fra l'elettrico della *a* e la materia pesante della *b*, quanto per l'attrazione fra l'elettrico della *b* e la materia pesante della *a*; il che, a vero dire, avevam già veduto al § 913. Dee poi una tal legge valere anche per la ripulsione fra la materia pesante della *a* e quella della *b*, eguagliando questa ripulsione la differenza di due forze che seguono essa legge, cioè la differenza fra una qualsivoglia delle tre precedenti forze e l'attrazione di gravitazione di *a* con *b*. Concluderemo che la legge della ragione inversa de' quadrati delle distanze vale tanto per la vicendevole ripulsione delle parti del fluido elettrico, quanto per l'attrazione fra l'elettrico e la materia pesante diselettrizzata, quanto in fine per la ripulsione fra le parti della detta materia pesante diselettrizzata.

1220. *Osservazione* 4.ª La ripulsione vicendevole fra le parti del fluido elettrico e l'attrazione di esso colla materia pesante spoglia d'elettrico vennero ammesse fin dal primo introdursi della teoria di Franklin (1). Non fu così della ripulsione fra le parti della materia pesante priva d'elettrico, la quale venne introdotta soltanto più anni dopo da Epino, allorquando questi sottopose a calcolo rigoroso i fenomeni delle attrazioni e delle ripulsioni elettriche (2).

(1) Priestley, *Histoire* ec. T. II, p. 483.

(2) Può vedersi l'elegante e rigorosa maniera con cui egli giunse a questo risultamento, nel suo classico e da me più volte citato *Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi*, stampato a Pietroburgo l'anno 1759, a p. 35 e seg. — Volta chiama questo libro *opera profondissima... ma molto rara;* la quale egli aveva *avuto occasione una volta sola di scorrere rapidissima-*

La ammisero pure Wilke, Waitz (1) ed Enrico Cavendish (2); e fra i moderni la ammette il ch. prof. Ottaviano Fabrizio Mossotti (3), e non ne dissente il P. Pianciani (4).

Confessa Epino che in sul principio egli rimase alquanto sorpreso dal trovarsi costretto ad ammettere quest' ultima ripulsione, essendo ella direttamente opposta all' attrazione universale o Newtoniana. Si avvide però subito che essa non conduce ad alcuna conseguenza contraria ai fatti; perocchè i corpi che noi abbiamo continuamente sott' occhio, e nei quali non veggiamo verun indizio di questa forza, sono tutti corpi allo stato naturale ove essa forza è interamente distrutta da altre, talchè cotali corpi debbono comportarsi come se ella non esistesse. E a questo io aggiungerò, non essere niente strano nè improbabile che togliendo alle molecole materiali una parte costitutiva dotata di azioni sì energiche, qual è la lor dose naturale d' elettrico, vengano esse a manifestare delle proprietà assai diverse da quelle che mostrano attualmente.

Una tale azione ripulsiva può concepirsi, per riguardo alla sua essenza, in due maniere. L' una è di riguardare

mente, e che... non sembra abbastanza conosciuta o intesa dalla più parte dei fisici che hanno scritto in appresso sull'elettricità. — *Collezione delle opere*, t. I, Part. I, p. 180. Io ne ho potuto consultare un esemplare posseduto dal ch. ean. Bellani.

(1) Priestley, *Histoire* ec. T. II, p. 501.

(2) *Phil. Trans.*, anno 1771, p. 584.

(3) *Sur les forces qui régissent la constitution intérieure des corps.* Turin, 1836, p. 9. Fra le altre cose contenute in quest' operetta trovasi altresì dimostrato (p. 7) che i risultamenti trovati dal calcolo relativamente alla distribuzione dell' elettricità nei corpi conduttori nell' ipotesi de' due fluidi, sussistono pienamente anche nell' ipotesi di un fluido unico, quando si ammettano le forze che si sono superiormente citate. Questa proposizione io l' ho già espressa a p. 92 del presente volume, senza citare il sig. Mossotti: la quale ommissione nacque dall' essere que' fogli di questo mio volume già impressi alcun tempo prima che venisse pubblicata la sua pregevole Memoria. Una tale dimostrazione poi aveva procurato di darla anche il fu prof. Racagni, come può vedersi in una sua Memoria inserita fra quelle dell' I. R. Istituto Lombardo-Veneto, a p. 208 del tomo V che si sta ora stampando.

(4) *Instituzioni Fisico-Chimiche*, t. III, p. 77.

cotale azione siccome *dipendente da cause estrinseche*, cioè come tale ch'ella debba cessare dal manifestarsi quando tutto venga a mancare in natura ad eccezione di que' corpi fra i quali ella si considera. Tale era l'opinione di Epino, il quale riteneva che tanto questa quanto le altre azioni elettriche sieno effetti prodotti da agenti esterni, i quali però ei dichiara di non conoscere, contento di poter ridurre alle poche suaccennate azioni tutti quanti i fenomeni d'attrazione e di ripulsione che manifesta l'elettricità (*). E a questa si avvicina pure l'opinione di alcuni fisici italiani, secondo i quali la ripulsione fra i corpi elettrizzati in meno (la quale portata al massimo grado viene a coincidere colla nostra ripulsione fra i corpi affatto privi d'elettrico), come anche la ripulsione fra i corpi positivamente elettrizzati sarebbe una conseguenza di altre azioni.

L'altra maniera si è di riguardare la detta ripulsione siccome una *proprietà intrinseca* della materia pesante, cioè come intimamente inerente a questa, ossia tale che se tutto venisse a distruggersi in natura, ad eccezione di due sole molecole di materia pesante priva di elettrico, continuerebbero queste a respingersi l'una l'altra. Così opina il già nominato sig. Mossotti.

Io non entrerò in nessuna discussione su questi due modi di vedere, parendomi cosa affatto intempestiva in sino a che non siansi decise le questioni sulla materialità o non materialità dell'elettrico, e sulla sua unità o duplicità. E riterrò la detta forza ripulsiva soltanto come una supposizione necessariamente collegata coll'ipotesi di Franklin, senza curarmi punto della sua intima essenza.

Applicazioni teoretiche degli esposti principii.

1221. Comincerò ad avvertire che in queste applicazioni le diverse parti di un medesimo corpo si reputano non avere che una sola specie di elettricità, o la sola positiva, o la sola negativa, potendo per altro alle parti elettrizzate esservene unite moltissime altre allo stato naturale. Oltre

(*) Epino, *Tentamen*, p. 6 e 40.

a ciò io prescindo qui dall'attrazione di gravitazione, vale a dire nella ripulsione fra due porzioni di materia diselettrizzata io tengo conto della sola prima parte R (§ 1217); talchè alle diverse conseguenze ch'io otterrò, converrà sempre, per venire ai fatti reali della natura, aggiungere l'effetto della detta gravitazione; il qual effetto però è sì piccolo che le apparenze non possono da esso venire minimamente cangiate. Ciò premesso, cominciamo a considerare la

Ripulsione fra due corpi elettrizzati in più. Si abbiano due corpi A e B, de' quali il primo sia formato di una quantità M di materia pesante spoglia d'elettrico, di una quantità E d'elettrico atto a saturare questa materia, e di una quantità e di fluido sovrabbondante; e l'altro consti di una quantità M' di materia pesante priva d'elettrico, di una quantità E' d'elettrico atta a saturare la M', e di una quantità e' di fluido sovrabbondante; i quali elementi per comodità li scriveremo qui sotto contrapposti gli uni agli altri:

$$\begin{matrix} M & M' \\ E & E' \\ e & e' \end{matrix}$$

Per avere l'azione esercitata da A su B, convien considerare tutte le azioni parziali esercitate dagli elementi del primo su quelli del secondo. Ora egli è chiaro:

1.° Che l'azione dei due elementi M ed E su M' è nulla, giacchè M opera per un verso ed E per l'altro, e con forze uguali (si prescinde, come s'è detto, dalla gravitazione);

2.° È similmente nulla l'azione di essi due elementi M ed E su E';

3.° Così pure quella de' medesimi su e;

4.° L'azione di e su M' e quella di esso e su E' sono eguali e contrarie; e siccome la E' è legata alla M' o per la pressione dell'aria o per una vicendevole attrazione, così non può il corpo B acquistar moto per questa doppia azione;

5.° Vi è infine l'azione di e su e', la quale non è distrutta da nessun'altra, ed è la sola che possa aver luogo.

Fra tutte adunque le azioni che il corpo B soffre dall'A, dopo tolte quelle che si distruggono a vicenda, non

rimane che quella che il fluido eccedente e' soffre dal fluido eccedente e.

Nella stessa maniera si può dimostrare che di tutte le azioni che gli elementi del corpo A soffrono da quelli del corpo B, non rimane in fine che la ripulsione che il fluido e soffre dal fluido e'. E siccome il fluido e è legato al corpo A, e il fluido e' al corpo B, così questi due corpi debbono tendere ad allontanarsi con quella stessa forza colla quale si respingono le due quantità d'elettrico e ed e'.

Ma in qual modo coteste due quantità e ed e' di fluido sovrabbondante stanno legate ai due corpi A e B? Secondo alcuni avviene ciò per la pressione dell'atmosfera. Premendo quest'atmosfera su tutta la superficie del corpo A, ne tiene tutte le parti fortemente riunite e impedisce che l'elettrico se ne stacchi; ma operando su cotali parti con forze che esattamente si bilanciano, non produce veruna tendenza al moto, e solamente fa che la forza sollecitante il fluido e verso la banda opposta a quella ove esiste il corpo B, si comunichi a tutto il sistema MEe; nella stessa maniera come se questo sistema fosse formato di più pezzi legati in giro da una corda, e uno di essi fosse spinto al moto. Potrebbe però anche essere che il fluido e fosse legato al corpo A da qualche attrazione simile alla molecolare, la quale avesse luogo oltre all'azione in distanza di cui si è già parlato. Torneremo a dir qualche cosa più innanzi su queste spiegazioni.

In simil maniera il fluido e', che sentesi respinto dal corpo A, essendo collegato col resto del corpo B o dalla pressione dell'aria o da qualche attrazione, trascina nel suo allontanamento tutto esso corpo B.

1222. *Ripulsione fra due corpi elettrizzati in meno.* Abbiasi un corpo A formato dalla massa M di materia pesante, dalla quantità E di fluido atta a saturare la M, e dalla quantità m di materia spoglia d'elettrico; e un corpo B formato dalla massa M' di materia pesante, dalla quantità E' di fluido atta a saturare la M', e dalla quantità m' di materia spoglia d'elettrico; i quali elementi scriveremo qui sotto contrapposti gli uni agli altri:

$$\begin{matrix} M & M' \\ E & E' \\ m & m' \end{matrix}$$

È facile vedere che l'azione esercitata dai due elementi M, E su M' è nulla; come pure quella da essi esercitata su E', e quella esercitata su m'; e che le azioni esercitate da m su M' e su E' sono uguali e contrarie, e però tali che essendo legata la M colla E', non può nascere nel corpo B veruna tendenza al moto. Però rimane tutta intera l'azione della massa m sulla m'; onde il corpo B tenderà ad allontanarsi da A con tutta quella forza con cui m' è respinta da m; e nel suo muoversi trasporterà seco il fluido E', da cui non si può separare, sia per la pressione dell'atmosfera, sia per un'attrazione fra E' ed M'.

E così pure il corpo A tende ad allontanarsi da B con tutta quella forza con cui m è respinta da m'.

1223. *Attrazione fra i corpi elettrizzati contrariamente.* Si abbia un corpo A elettrizzato in più, e formato di una quantità M di materia pesante priva d'elettrico, di una quantità E d'elettrico capace di saturare la M, e di una quantità e di fluido sovrabbondante; e gli sia vicino un corpo B elettrizzato in meno, e formato di una quantità M' di materia pesante priva d'elettrico, di una quantità E' d'elettrico atto a saturare la M', e di un'altra quantità m' di materia pesante priva d'elettrico. Scrivendo a fronte l'una dell'altra queste due serie di elementi:

$$\begin{matrix} M & M' \\ E & E' \\ e & m' \end{matrix}$$

è facile vedere che il complesso de' due elementi M, E non esercita azione alcuna nè su M', nè su E', nè su m'; che l'elemento e esercita due uguali e contrarie azioni su M' e su E', tendenti a separarli, ma senza produrre alcun effetto per essere essi M' ed E' legati insieme. Rimane perciò la sola azione di e su m, la quale attrae m' verso e, e con m' tira tutto il corpo B verso A.

In simil modo fra le azioni che sollecitano il corpo A, dopo levate quelle che si distruggono a vicenda, non rimane che quella che attrae e verso m', e che con e attira tutto il corpo A verso B.

Così i due corpi contrariamente elettrizzati si debbono attrarre a vicenda.

1224. *Osservazione* 1.ª Possiamo notare che le ripulsioni e le attrazioni manifestantisi fra i corpi elettrizzati dipendono unicamente dalle quantità di fluido eccedente e di materia deficiente che si trovano in questi corpi, non servendo la materia satura che vi è associata (sempre prescindendo dalla gravitazione) nè ad aumentare nè a diminuire gli effetti.

1225. *Osservazione* 2.ª Non variando la posizione de' corpi operanti l'un sull'altro, ma variando ne' loro diversi punti le intensità delle rispettive elettricità, però in maniera tale che in ciascuno d'essi corpi le variazioni avvengan tutte in un medesimo rapporto, l'azione repulsiva fra due corpi elettrizzati in più è in ragione del prodotto delle due quantità d'elettrico sovrabbondanti; quella pur ripulsiva fra due corpi elettrizzati in meno è in ragione del prodotto delle due quantità di materia prive d'elettrico; e l'attrazione fra due corpi elettrizzati contrariamente è in ragione del prodotto della quantità di fluido che eccede nell'uno per la quantità di materia che manca d'elettrico nell'altro.

1226. *Osservazione* 3.ª Rimanendo ambedue i corpi nelle stesse posizioni, e divenendo contraria ed egualmente forte l'elettricità in ciascun punto o di uno solo di essi ovvero di entrambi, sarà tanta la vicendevole loro ripulsione quando sono ambedue elettrizzati in più, quanta è la ripulsione loro quando sono elettrizzati in meno, e quanta la loro attrazione quando sono elettrizzati contrariamente; prescindendo però in ciò dalla gravitazione. Avendo riguardo a questa, si hanno ancora uguali fra loro le due ripulsioni, ma leggierissimamente maggiore l'attrazione.

1227. *Osservazione* 4.ª Se i corpi hanno dimensioni assai piccole in paragone delle loro distanze, in guisa che le distanze fra i loro centri d'azione si possano, senza errore sensibile, reputare uguali alle distanze fra i loro centri di figura, le azioni loro sì repulsive che attrattive variano sensibilmente in ragione inversa de' quadrati delle distanze fra i centri di figura.

1228. *Osservazione* 5.ª Secondo queste dottrine non dovrebbe aver luogo nè attrazione nè ripulsione fra un corpo non elettrizzato ed uno elettrizzato: ora come avvien egli che se ad un corpo non elettrizzato ne avviciniamo uno

elettrizzato, noi abbiamo fra essi attrazione? È perchè il corpo elettrizzato smuove il fluido naturale del corpo non elettrizzato; di maniera che quest'ultimo, se è in comunicazione col terreno, rendesi elettrizzato contrariamente al primo in tutte le sue parti, e per tal ragione ne viene attratto; e se esso secondo corpo è isolato, ne diviene elettrizzata contrariamente al primo la parte più vicina a questo, ed omologamente la più lontana, e attesa la diversità delle distanze viene più fortemente attratta la parte elettrizzata contrariamente che non respinta quella elettrizzata omologamente.

Ma passiamo alle sperienze, per vedere come queste confermino le esposte dottrine.

Sperienze sulle attrazioni e ripulsioni fra i corpi elettrizzati.

1229. *Ripulsione fra i corpi similmente elettrizzati: sua legge fra due piccoli corpi collocati a diverse distanze.*

Serve utilmente per questa ricerca la bilancia elettrica di Coulomb, già descritta a pag. 68 e rappresentata dalla fig. 18. Si introduce entro la campana di questa macchinetta, dal foro aperto nel suo fondo superiore, una palletta conduttrice elettrizzata, saldata all'estremità di un bastone isolante, calandola fino a che il suo centro sia a livello della bilancetta. Quindi dopo lasciato o dopo procurato ch'essa palletta venga toccata da quella della piccola bilancia, si osserva di quanti gradi quest'ultima si ritiri per l'elettricità acquistata, aspettando che la bilancetta abbia cessato dalle sue oscillazioni. Ciò fatto, si torce il filo mediante l'ordigno collocato alla sommità del tubo, fino a che la distanza fra i due corpi elettrizzati corrisponda, p. e., alla metà de' gradi corrispondenti alla distanza precedente. Dopo di che, per mezzo del calcolo, si determinano: 1.° le forze repellenti che hanno avuto

luogo nelle due prove; 2.° le distanze a cui erano nelle due prove i due corpi cimentati.

Le forze repellenti vengono manifestate dall'attorcimento sofferto dal filo d'argento, giacchè questo attorcimento misura esattamente la forza con cui il filo tende a storcersi, come pure la forza contraria con cui la ripulsione delle pallette tende a mantenerlo attorto. Però questa ripulsione non s'impiega tutta intera a tenere attorta la bilancia, ma soltanto una sua porzione; la quale si ottiene decomponendo cotal ripulsione in due forze, l'una parallela e l'altra perpendicolare all'asta della bilancia, e tenendo conto di quella perpendicolare. La reale ripulsione è misurata *dal numero de' gradi di cui è attorto il filo diviso pel coseno del mezzo angolo che corrisponde alla distanza delle due pallette.*

Le distanze poi fra i due corpicelli sono evidentemente misurate dalle corde degli archi interposti.

Confrontando le forze repellenti e le distanze, si trova che le prime variano prossimamente in ragione inversa de' quadrati delle seconde, come si è detto al § 1227. Ecco infatti alcuni risultamenti ottenuti da Coulomb.

Angoli di scostamento	Torsioni	Ripulsioni	Distanze	Quadrati inversi delle distanze
36°	36°	1	1	1
18°	144°	3,85	0,506	3,90
8 1/2	575 1/2	15,25	0,240	17,4

Queste sperienze vogliono essere eseguite con una grande diligenza. È necessario tener conto delle leggierissime correnti d'aria che possono far variare la torsione anche di due o tre gradi, e aver riguardo alla dispersione dell'elettricità durante la sperienza. Alla seconda di queste cause d'errore si provvede sufficientemente coll'eseguire, dopo le due prove fatte alle

due diverse distanze e dopo scorso un eguale intervallo di tempo, una terza prova alla prima di esse distanze, e paragonare la torsione corrispondente alla seconda prova colla media delle torsioni corrispondenti alla prima e alla terza.

1230. I risultamenti di Coulomb vennero confermati dal fisico tedesco Egen con un apparecchio assai diverso (*). Adoperava egli una bilancia simile di forma alle ordinarie, ma molto più delicata, e avente le seguenti particolarità. L'una metà dell'asta orizzontale era isolante e portava una palla di sughero destinata ad essere elettrizzata; l'altra metà era d'ottone e faceva equilibrio colla precedente e colla palletta, e all'estremità aveva un piccolo traverso a cui potevano accavallarsi de' sottilissimi fili metallici atti a servire di pesi. L'ago o indice scendeva all'ingiù dal mezzo dell'asta, e i suoi movimenti venivano misurati alla sua inferiore estremità da un arco graduato le cui divisioni avevano una conosciuta relazione coi pesetti. Allato alla bilancia eravi un'asta verticale, lungo la quale scorreva giù e su un braccio orizzontale isolante che poteva essere fermato a qualsivoglia altezza e che portava un'altra palla pure di sughero corrispondente in linea verticale sopra quella della bilancia. Elettrizzava egli omologamente le due palle, fermava la seconda a una data posizione, e osservava qual peso era necessario per tenere orizzontale l'asta della bilancia. Recava quindi la detta seconda palla a un'altra altezza, e osservava anche qui qual peso occorreva a tener l'asta orizzontale. Quindi paragonava i pesi e le distanze de' centri delle due palle elettrizzate, e determinava qual era la legge di repulsione che corrispondeva a questa coppia di prove.

Avendo fatte molte di queste sperienze, n'ebbe per

(*) Gehler's *Physik. Wörterb. neu bearb.*, art. *Elektrometrie*, p. 708.

medio risultamento che la ripulsione delle due palle elettrizzate seguiva la ragione inversa della potenza 1,93 delle distanze, con un sì piccolo divario dalla ragione inversa de' quadrati, che pare doversi esso attribuire parte alle inesattezze inevitabili delle sperienze, e parte a leggiere circostanze state bensì notate ma difficili a mettersi in calcolo.

Una di queste circostanze fu che in ciascuna coppia di prove si cominciava sempre colla distanza maggiore e si finiva colla minore; e così in quest' ultima, essendosi disperso qualche poco di elettricità, la ripulsione mostravasi necessariamente un po' più piccola di quello che avrebbe dovuto. L' altra circostanza era che l' elettricità delle due palle si trovava maggiormente accumulata nelle parti più lontane delle loro superficie, e che questo spostamento era tanto più grande quanto più esse palle erano vicine; donde avveniva che impiccolendo la distanza fra i centri delle due palle come 1 a 0,5, la distanza de' lor centri di azione diminuiva in ragion minore, p. e. come 1 a 0,51; e però la ripulsione alla distanza minore non poteva riuscire sì grande come avrebbe fatto senza il detto spostamento. Queste cirostanze perciò concorrevano entrambe a far comparire men rapida del vero la legge della ripulsione.

1231. *Leggi della ripulsione fra corpi similmente elettrizzati alquanto estesi.* La legge della ragione reciproca de' quadrati delle distanze viene assaissimo modificata allorquando si mettono a prova de' corpi che hanno delle dimensioni o maggiori o eguali o non molto minori delle vicendevoli distanze. Le cause che a ciò influiscono possiamo ridurle alle quattro seguenti:

1.ª La diversa ragione secondo cui si alterano le distanze fra le varie molecole elettrizzate de' due corpi. Supponiamo presa nell' un corpo una serie di punti a, b, c, d, ec.; e nell' altro una serie A, B, C, D, ec. Nello scostare cotali corpi, il punto a si allontanerà

da *A* come 1 a 2, il *b* da *B* come 1 a 1 $^1/_4$, il *b* da *A* come 1 a 1 $^1/_3$, ec. Se avremo, p. e., due dischi circolari del diametro di un decimetro, disposti perpendicolarmente alla retta che ne unisce i centri, e li porteremo dalla distanza di 1 centimetro a quella di 2 centimetri, alcune molecole si verranno ad allontanare come 1 a 2, ed altre come 1 a 1 $^1/_{68}$.

2.ª La diversa obbliquità delle azioni parziali. Considerando le moltiplici parziali azioni che hanno luogo fra tutte le molecole elettrizzate dell'un corpo e tutte quelle dell'altro, si riconosce di leggieri che queste azioni sono generalmente inclinate fra loro e colla risultante; la quale risultante perciò viene ad essere assai minore della loro somma. E coll'allontanamento de' due corpi questa obbliquità colla risultante in generale diminuisce, e a tal segno che spesse volte l'*effetto utile* di qualcuna delle dette azioni parziali, cioè quella parte di essa che opera parallelamente alla detta risultante, cresce coll'aumentare delle distanze anzichè diminuire; come avviene appunto nel caso de' due dischi testè citati, considerando l'azione vicendevole di due molecole situate alla più grande distanza possibile in due diametri paralleli delle facce più vicine.

3.ª Lo spostamento dell'elettrico ne' corpi elettrizzati che si cimentano, in grazia della vicendevole azione dell'un corpo sull'altro; il quale spostamento è tanto maggiore quanto più essi corpi sono vicini, come s'è veduto nella sperienza testè citata di Egen.

4.ª Lo spostamento dell'elettrico ne' corpi circonvicini, i quali elettrizzandosi contrariamente per induzione tendono ad attrarre a sè i due corpi respingentisi, con una forza che varia secondo la posizione di questi ultimi.

1232. L'effetto delle prime due fra queste cause si manifesta in particolar modo nell'azione fra le lamine piane.

Abbiansi infatti due sottili lamine *A* e *B* elettriz-

zate entrambe, p. e., in più, collocate sempre parallelamente l'una all'altra, e poste prima a mutuo combaciamento, e poscia allontanate a poco a poco l'una dall'altra col muovere il centro di gravità dell'una di esse lungo una retta perpendicolare ai loro piani. Quando esse saranno a distanza assai piccola, ciascuno de' punti della lamina A si troverà situato molto obbliquamente per rispetto alla più gran parte de' punti della lamina B; e però le azioni repulsive che hanno luogo fra i diversi punti elettrizzati dell'una lamina e quelli dell'altra, opereranno nella massima parte assai debolmente per allontanare esse lamine. Ridotte queste più lontane, diminuirà una siffatta obbliquità; e intanto che alcune poche distanze fra i punti elettrizzati cresceranno nella ragione stessa delle distanze fra le lamine, un grandissimo numero di altre distanze crescerà in un rapporto minore. Onde avverrà che l'effetto delle diverse azioni parziali per allontanare cotali lamine nella direzione perpendicolare ai loro piani, scemerà in generale in un rapporto assai minore del quadrato inverso della distanza fra esse lamine; e anzi l'effetto di alcune di queste parziali azioni si farà maggiore, guadagnando di più per la diminuzione dell'obbliquità, di quello che venga a perdere per l'accrescimento della distanza.

Io ho calcolato l'azione fra due uguali lamine quadrate collocate perpendicolarmente alla retta che ne congiunge i centri, e co' lati dell'una paralleli a quei dell'altra, però supponendo che in ciascuna di esse l'elettricità sia distribuita uniformemente per tutta la sua estensione; supposizione inesatta, ma di cui non si può adottarne altra migliore finchè non siasi esattamente conosciuto il vero modo di distribuzione. Pel quale calcolo mi sono servito d'una formola da me trovata altrove (*), ed esprimente l'attra-

(*) *Opuscoli matematici e fisici*, t. I, pag. 38, formola [19]. Milano, presso Giusti, 1832. Si è moltiplicato il secondo membro di essa formola per $P.p$, e si è posto $p = mh$.

zione che esercitano l' una verso l' altra due lamine quadrate simili e similmente disposte come le anzidette, ed attraentisi in forza della gravitazione. Chiamando adunque

h la lunghezza di ciascun lato de' due quadrati,

m la distanza fra essi quadrati divisa per la detta lunghezza *h*,

P un coefficiente costante esprimente l' azione repulsiva che verrebbe esercitata all' unità di distanza fra due masse d' elettrico uguali a quelle che si trovano distribuite sull' unità di superficie nell' uno e nell' altro quadrato, ho trovato che le ripulsioni corrispondenti alle distanze date dalla prima colonna della seguente tavola, sono misurate dalle quantità espresse nella seconda colonna. Si sono aggiunte nella terza colonna le forze ripulsive che avrebbero luogo se le masse d' elettrico eccedenti ne' due quadrati fossero concentrate ne' centri di figura di questi ultimi.

Valori di *m*	Vicendevole ripulsione delle due lamine elettrizzate	Ripulsione delle loro masse d'elettrico supposte concentrate nei loro centri di figura
0,0	Ph^2. 6,2832	Ph^2. ∞
0,1	4,2204	100
0,2	3,1875	25
0,3	2,4948	11,1111
0,4	1,9968	6,2500
0,5	1,6256	4,0000
0,6	1,3422	2,7778
0,7	1,1219	2,0408
0,8	0,9481	1,5625
0,9	0,8091	1,2346
1,0	0,6967	1,0000
.		
.		
.		
.		
.		
2,0	0,2234	0,2500

Paragonando la seconda colla terza colonna, noi possiamo osservare:

a) Che i numeri della seconda sono in sul principio assai minori de' corrispondenti della terza: il che avviene perchè alle piccole distanze la più parte de' punti repellenti dell'una lamina sono situati, per rispetto a quelli dell'altra, e molto obbliquamente e a molto maggiore distanza che i due punti centrali delle lamine medesime;

b) Che i numeri della seconda colonna diminuiscono con una legge assai più lenta che que' della terza; il che è quanto abbiamo già detto dovere aver luogo fra due lamine qualunque;

c) Che i numeri della seconda colonna e quelli che loro corrispondono nella terza, vanno gli uni dopo gli altri sempre più accostandosi al rapporto di eguaglianza.

Io ho considerato delle lamine quadrate, attesa la maggiore facilità de' calcoli; del resto si avrebbero delle conclusioni somiglianti con lamine di qualsivoglia altra figura; nè varierebbero gran fatto queste conclusioni, quando si potesse introdurre nel calcolo la vera legge di distribuzione dell'elettrico.

1233. Su questa ripulsione fra due lamine similmente elettrizzate vennero fatte diverse sperienze da Volta, le quali confermano appunto quanto abbiamo detto (*). Prendeva egli due piattelli circolari metallici del diametro di cinque pollici, l'uno attaccato all'un de' bracci di una bilancia, e l'altro collocato direttamente al di sotto, tenendoli ora a contatto ed ora separati di un piccolo intervallo; e gli elettrizzava sì l'uno che l'altro con una medesima boccia di Leida carica a 35° di un suo elettrometro a quadrante, avendo però preventivamente aggravato il disco superiore di un tal numero di grani da potere appena venir sollevato dalla ripulsione del disco inferiore, in guisa che un tal numero di grani servisse di misura a questa ripulsione medesima (Non dichiara però Volta in qual modo preciso egli elettrizzasse i dischi quando questi si trovavano a qual-

(*) *Collezione delle opere*, T. I, Part. II, p. 76.

che distanza dal contatto; non dice se, dopo averli recati alla desiderata distanza, gli elettrizzasse congiuntamente tenendoli in vicendevole comunicazione; ovvero gli elettrizzasse separatamente, prima l'uno e poi l'altro: il meglio era, cred'io, unirli insieme ogni volta, elettrizzarli così uniti, allontanare con prontezza quello di sotto fino alla voluta distanza, tenendo fermo intanto l'opposto braccio della bilancia, quindi liberar quest'ultimo e osservare se sul piattello superiore prevaleva il peso collocatovi, ovvero la forza ripulsiva; a questa maniera la carica elettrica de' due dischi sarebbe sempre stata la stessa, cosa che non poteva avvenire nelle altre due accennate maniere).

L'esito di queste sperienze si fu che allorquando i due piattelli erano a contatto, la loro vicendevole ripulsione riusciva a sollevare il peso di 12 ovvero 13 grani (1); e che allontanandoli di 1 linea, di 2, di 4, di 6 ed anche di 8 e più, questa ripulsione diminuiva appena di uno, due o tre grani. Secondo il calcolo da me esposto nel paragrafo precedente, due lamine quadrate del lato di cinque pollici le quali al contatto si respingano con una forza di 13 grani, alla distanza di 6 linee si respingono ancora con una forza di 9 grani; il che è quasi conforme ai citati risultamenti ottenuti da Volta con dischi circolari. Non è poi da pretendersi una compiuta conformità, perchè in primo luogo le sperienze di Volta non diedero risultamenti affatto regolari e costanti (2); secondariamente le lamine da lui cimentate avevano figura diversa da quella supposta ne' miei calcoli; in terzo luogo l'elettricità non si distribuiva unicamente nelle facce anteriori de' due dischi, che erano quelle fra cui si misuravano le distanze, ma anzi la maggior

(1) Il grano che si usa dagli orefici a Milano, e che io stimo esser quello stato adoperato da Volta in queste sperienze, equivale a grammi 0,0510.

(2) *Collezione* ec. T. I, Part. II, p. 68.

parte di essa si distribuiva sulle facce posteriori, specialmente quando i dischi erano molto vicini; in quarto luogo l'elettricità non si distribuiva uniformemente sulla superficie de' dischi, come io ho supposto ne' miei calcoli, ma si accumulava maggiormente negli orli. E a tutto ciò è forse da aggiungere che la carica elettrica comunicata ai due dischi non era uguale in tutte le prove, ma era forse più grande alle distanze maggiori, stantechè il sistema de' due dischi, supposti in vicendevole comunicazione, doveva essere tanto più capace per l'elettrico quanto più essi dischi erano lontani.

1234. *Osservazione.* Attentissimo il Volta a tutte le più minute circostanze, notò che quando operava sui dischi a vicendevole contatto, quantunque il disco superiore fosse talvolta incapace a resistere alla ripulsione di quello inferiore, pure mostrava una grande lentezza nel suo primo innalzarsi; dal che egli ricavava alcune conseguenze relativamente alla causa della ripulsione fra i corpi similmente elettrizzati. Io osservo però che doveva aver molta parte in questa lentezza la difficoltà che suole aver l'aria a lasciar separare le lamine vicinissime (*), e molta parte vi doveva altresì avere la circostanza che toccando al piccolo peso d'un grano o poco più a far muovere una massa di più migliaja di grani, qual era la massa di tutta la bilancia col disco appeso, doveva il moto riuscire per necessità di gran lunga più lento che quello de' gravi liberamente cadenti. E io penso che ben computate queste due circostanze, si troverà che esse bastano a spiegare compiutamente il fenomeno, senza bisogno di ricorrere ad altre cause.

1235. *Corrispondenza fra le ripulsioni de' corpi elettrizzati in più e quelle de' corpi elettrizzati in meno.* Si ha dalle teorie spiegate poc' anzi (§ 1226) che al-

(*) V. il primo volume di questo Corso di Fisica, § 145.

lorquando due corpi ritenuti in posizioni costanti vengono prima elettrizzati in più, e poscia in meno di altrettanto, debbono aversi in questi due casi delle ripulsioni perfettamente uguali, anche tenuto conto della leggierissima influenza della gravitazione. Che la cosa avvenga realmente così, noi possiamo ricavarlo dalla osservazione che cariche elettriche uguali e contrarie in due corpi aventi uguali figure, fanno segnare a un dato elettrometro uno stesso numero di gradi (p. 109).

1236. *Dell'attrazione fra due corpi contrariamente elettrizzati; e primieramente fra due corpi di piccole dimensioni.* Quando i due corpi contrariamente elettrizzati sieno assai piccoli in confronto della vicendevole distanza, talchè la distanza fra i loro centri d'azione possa ritenersi la stessa di quella fra i centri di figura, e quando inoltre non abbiano vicini altri corpi che ne disturbino la vicendevole azione, si trova che essi si attraggono in ragione prossimamente inversa de' quadrati delle distanze fra i centri di figura.

Coulomb si assicurò di questa legge col far oscillare un sottile ago di gomma lacca, portante ad una estremità una leggiera pallettina conduttrice elettrizzata, e appeso a un sottilissimo filo di seta in faccia a un globo conduttore isolato, elettrizzato contrariamente alla detta pallettina. E trovò che al variare della distanza fra il centro di questa e il centro del globo, la durata delle oscillazioni variava prossimamente nella ragione semplice di essa distanza. E siccome per le dottrine del moto de' pendoli, le forze sollecitanti sono in ragione inversa de' quadrati de' tempi delle oscillazioni, così l'attrazione elettrica fra la detta pallettina e il detto globo variava prossimamente nella ragione inversa del quadrato della distanza fra i loro centri (*).

(*) *Memorie dell'Accad. di Parigi* pel 1785, pag. 581. Biot, *Traité de Physique*, t. II, pag. 236 e seg.

Nel fare questi sperimenti sono necessarie diverse avvertenze:

1.ª È necessario scegliere un tempo in cui l'aria sia secca, e inoltre tener conto della elettricità che si dissipa da' due corpi attraentisi nell' intervallo fra le due prove, la qual perdita può determinarsi col mezzo di sperienze preliminari fatte poco tempo prima in quella medesima giornata (*). È poi ovvio il vedere che l'aria ove si opera dev'essere tranquilla.

2.ª Le oscillazioni debbono essere piccole, affinchè la loro durata non sia gran fatto dipendente dall'ampiezza loro, ma poco differisca da quella corrispondente alle ampiezze minime.

3.ª Ha in ciò qualche piccolà influenza la direzione variabile dell'attrazione. Ne' casi pratici può il calcolo facilmente dimostrare se questa circostanza meriti d'essere tenuta in conto; come pure il calcolo stesso può far conoscere se si debba tener conto del variare della distanza fra i centri de' due corpi durante una stessa oscillazione.

4.ª Vi sarebbe oltre a ciò a considerare il piccolo smovimento che soffre l'elettricità dell'un corpo in conseguenza dell'elettricità dell'altro; come pure lo smovimento che può esser prodotto, specialmente nell'elettricità del globo immobile, dall'azione de' corpi vicini elettrizzati per induzione.

5.ª In fine vi è la forza di detorsione del filo di seta, tendente ad accelerare il moto oscillatorio medesimo.

1237. *Attrazione fra i corpi contrariamente elettrizzati di dimensioni alquanto grandi.* La legge de' quadrati inversi delle distanze soffre delle modificazioni notabili anche nelle attrazioni elettriche, quando i corpi non sono molto piccoli in confronto delle loro distanze. E ciò per le cause medesime che ab-

(*) Su questa dissipazione veggasi più innanzi nel Cap. IX.

biamo vedute parlando delle ripulsioni; cioè: 1.° per la diversa legge secondo cui variano le distanze fra le varie molecole attraentisi; 2.° per la variabile obbliquità delle diverse azioni elementari, la quale obbliquità si fa successivamente minore a proporzione che i due corpi si allontanano maggiormente l'uno dall' altro; 3.° per lo spostamento dell' elettricità nei corpi stessi che si cimentano; 4.° per lo spostamento dell' elettricità nei corpi circostanti.

Fra queste quattro cause, le prime due modificano la legge dell'attrazione elettrica nello stesso modo che esse fanno colla ripulsione; p. e. esse tendono a rendere più lenta la legge con cui varia alle diverse distanze l'attrazione vicendevole di due lamine parallele elettrizzate contrariamente.

Le altre due cause in vece operano affatto all'opposto di quel che fanno colla ripulsione. Cominciando infatti dallo spostamento ne' corpi stessi fra cui ha luogo l'attrazione elettrica, è facile vedere che le elettricità contrarie tendono a ravvicinarsi l'una all'altra, e tanto maggiormente quanto più i corpi sono vicini; di maniera che venendo i due corpi a distanze successivamente minori, l'attrazione si deve aumentare con legge più rapida che conservandosi costante la distribuzione dell' elettrico. La legge in vece della ripulsione vien resa più lenta da questo spostamento.

Ed anche lo spostamento prodotto nell' elettrico de' corpi circostanti suole rendere più rapida la legge dell' attrazione. A proporzione infatti che si allontanano l'un dall' altro i due corpi contrariamente elettrizzati, viene in generale ciascuno di essi a operare più energicamente sui corpi circostanti, e ad esserne più vivamente attratto; talchè alla diminuzione che l'attrazione soffre per l' allontanamento de' corpi attraentisi, s'aggiunge una più grande azione diminuente per parte dei detti corpi circostanti. E può una siffatta azione dei corpi circostanti, coll'allontanare gradata-

mente i suddetti corpi attraentisi, giungere a tale da distruggere compiutamente la tendenza all' avvicinamento e cambiarla in tendenza all' allontanamento. Nel caso in vece della ripulsione, quest' azione dei corpi vicini suol rallentare la legge con cui essa ripulsione decresce per l' allontanamento.

Segue dalle cose or ora esposte che:

1.° A pari forma, a pari cariche elettriche e a pari posizioni, ed essendo i corpi cimentati assai più vicini fra loro che ai corpi circostanti, due corpi contrariamente elettrizzati si attraggono più fortemente di quel che si respingano due corpi elettrizzati similmente, e ciò in un rapporto tanto più grande quanto minore è la distanza.;

2.° Al cangiar delle distanze è più rapida la legge secondo cui varia l' attrazione fra i corpi anzidetti, che non la legge secondo cui varia la loro ripulsione.

1238. *Attrazione fra i corpi elettrizzati e quelli allo stato naturale comunicanti col terreno.* Questo fu il primo fenomeno elettrico scopertosi e che si conosceva fino dai tempi di Talete, cioè quello presentato dall'ambra gialla strofinata e avvicinata ai corpi leggieri: però l'ordine delle dottrine ha voluto che se ne differisse la spiegazione sino a questa parte del Trattato. Ha luogo una tale attrazione tanto nel caso che i corpi elettrizzati abbiano l'elettricità positiva, quanto nel caso che abbiano la negativa. Ed ha luogo (§ 1228) perchè nell' avvicinare cotali corpi ai corpi non isolati, questi ultimi pigliano per induzione un' elettricità contraria, e in realtà l' attrazione viene esercitata fra corpi elettrizzati contrariamente. Senza questa contraria elettricità non vi potrebbe essere attrazione alcuna, come fu riconosciuto già da molto tempo (1). Il che viene chiaramente dimostrato dalla seguente sperienza del Baretti (2).

(1) Epino, *Tentamen* ec. pag. 42. — Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 394. — Volta, *Collezione* ec. T. I, Part. II, p. 77.
(2) *Dubbii e pensieri*, 41, § 60.

Sopra una base di legno piantava egli una colonna di vetro alta due o tre piedi, e sulla sommità vi adattava un piatto di legno del diametro di otto pollici; e coperto questo di un abbondante strato di sottile segatura di legno ovvero di crusca, lo poneva alla distanza di quattro in cinque pollici sotto un grande conduttore metallico comunicante col conduttore positivo di una macchina elettrica in movimento; ed osservava che quando il piatto di legno era bene isolato, neppure un briciolo di segatura di legno o di crusca veniva attratto dal conduttore metallico, ma tutto restava immobile sul piatto. Appena però che si permetteva al piatto qualche comunicazione col terreno, volavano que' minuzzoli, come uno sciame d'api, in continuo torrente verso quel conduttore, tornando immobili all'istante col togliere quella comunicazione, e tornando a correre largamente col ristabilirla; il che si poteva replicare ad arbitrio, finchè restava sul piatto qualche porzione de' detti minuzzoli. In questa sperienza, quando mancava la comunicazione col terreno, ben debole era l'elettricità negativa che si stabiliva per induzione nei suddetti pezzetti, e ben forte ella era invece allorquando vi era quella comunicazione.

Con una tale dottrina si spiega ottimamente questo fatto osservato da Epino, cioè che presi due dischi di vetro, muniti di manichi isolanti, e strofinati insieme e con ciò elettrizzati contrariamente, se si presentano separatamente ad un pendolo lo attraggono entrambi, mentre non esercitano su d'esso alcuna attrazione venendo presentati congiuntamente. Quando alcuno ammettesse che un corpo elettrizzato potesse attrarne un altro che fosse allo stato naturale in tutte le sue parti, dovrebbe aspettarsi di vedere il pendolo attratto da ciascuno de' due vetri anche dopo congiunti, e di vederlo perciò in questo caso attratto con forza doppia, affatto contrariamente alla sperienza. In

vece chi ammette che l'attrazione non ha luogo se non in conseguenza dello spostamento dell'elettrico, vede immediatamente che i vetri congiunti non possono produrre smovimento, nè esercitare attrazione (1).

1239. Volta fece molte sperienze su quest'attrazione (2). Sospendeva egli un piattello circolare a una delicata bilancia, come si è già veduto al § 1233, e al di sotto vi teneva a varie distanze una tavola piana conduttrice, collocata parallelamente ad esso e comunicante col terreno; ed osservava con qual forza veniva attratto il piattello alle sue diverse grandezze, alle diverse cariche e alle diverse distanze.

Trovò che tenendo costante la distanza, come pure la tensione a cui caricava il piattello, e variando il diametro di questo, l'attrazione variava nella ragione dell'area; a diametro doppio l'attrazione era quadrupla. La qual cosa si poteva ben presumere, come dice il Volta, ma bisognava verificarla coll'esperienza (3).

Non mutando nè diametro nè distanza, e mutando solo la carica, l'attrazione variava nella ragione duplicata di questa. Il piattello già nominato, del diametro di 5 pollici, collocato alla distanza di 2 pollici dalla tavola, era attratto colla forza di 12 grani quando era caricato da una boccia avente la tensione di 35° gradi del suo elettrometro; e solamente colla forza di 3 grani per una tensione di 17 in 18 gradi. Il che, come osserva il medesimo Volta, si spiega benissimo col riflettere che al crescere della carica del piattello cresce anche quella contraria acquistata dalla superior superficie della sottoposta tavola; la quale seconda carica io osservo che s'aumenta nella stessa proporzione della prima.

Ponendo lo stesso piattello a varie distanze, sempre caricato al medesimo grado dell'elettrometro,

(1) *Tentamen* ec., p. 130.
(2) *Collezione delle Opere*, t. I, Part. II, p. 64 e seg.
(3) *Ibid.* p. 69.

l'attrazione è *nella ragione inversa de' quadrati* di queste distanze (1). Del che per le distanze piccolissime si vede la ragione. Accrescendo infatti la distanza da $^{1}/_{1000}$ del diametro, a $^{2}/_{1000}$, a $^{3}/_{1000}$, ec., e conservando costante la carica del piattello, l'attrazione fra questo e la tavola si manterrebbe pressochè costante, come si può agevolmente dimostrare per due lamine quadrate ove l'elettrico si trovi uniformemente distribuito (2). Ma tenendo il piattello continuamente carico al medesimo grado dell'elettrometro, la sua carica decresce, per quell'accrescimento di distanza, prossimamente come i numeri 1, $^{1}/_{2}$, $^{1}/_{4}$, ec. (§ 1018); e così decresce anche la contraria carica indotta della sottoposta tavola; e però l'attrazione del primo verso la seconda dee decrescere prossimamente in ragione de' numeri 1, $^{1}/_{4}$, $^{1}/_{9}$, ec.

1240. Osserva Volta che l'attrazione che si ha nelle sperienze or ora descritte fra il piattello appeso e la sottoposta tavola non isolata, a pari distanza e a pari tensione elettrometrica è molto maggiore della ripulsione che ha luogo fra il piattello medesimo e un altro dello stesso diametro, collocato parallelamente sotto ad esso ed elettrizzato congiuntamente, nel modo descritto al § 1233 (3). Del qual fatto la ragione principale si è che nel caso della tavola non isolata, la carica del piattello appeso riesce molto maggiore, e molto più grande perciò anche l'azione fra i due corpi elettrizzati. È però d'uopo che sia piccola la distanza da essa tavola, affinchè sia grande anche la carica indotta di questa.

Molte altre sperienze fece Volta sulle attrazioni e ripulsioni elettriche (4), come pure il chiar. professore Configliachi (5); ma finora non sono state pubblicate.

(1) Volta, *Collezione delle opere*, t. I, Part. II, p. 70.
(2) Veggasi la formola citata al § 1232.
(3) *Collezione* ec. t. I, Part. II, p. 68.
(4) *Ibid.* p. 72.
(5) *Filosofia Chimica di* Davy; Pavia, t. I, p. 78.

1241. *Attrazione fra i corpi elettrizzati e quelli non elettrizzati ed isolati.* È quest'attrazione un fatto ben noto; ed abbiam detto al § 1228 ch'ella nasce da uno smovimento del fluido naturale del corpo non elettrizzato, ove la parte più vicina al corpo elettrizzato si elettrizza contrariamente a questo, e la parte più lontana omologamente, ed è più fortemente attratta la prima che non respinta la seconda.

Della legge di quest'attrazione al variare delle distanze non so se alcuno siasi occupato. Dal calcolo si avrebbe che una tal legge è rapidissima; giacchè nel caso che le distanze de' due corpi fossero assai maggiori delle loro dimensioni massime, essa legge sarebbe prossimamente quella della ragione inversa delle quinte potenze delle distanze. Infatti coll'avvicinamento di essi due corpi, crescerebbe lo spostamento dell'elettrico nel corpo non elettrizzato presso a poco in ragione inversa de' quadrati delle distanze; e stando costante esso spostamento, l'attrazione d'un tal corpo verso il corpo elettrizzato dovrebbe aumentare in ragione inversa del cubo delle distanze. Del che non mi fermo a dar dimostrazione, essendo facile pei matematici il trovarla.

Quest'attrazione ha luogo anche quando i corpi non elettrizzati sono isolanti (p. 251). Perciocchè quantunque in essi, coll'avvicinarli a corpi elettrizzati, non avvenga effettivo trasporto d'elettrico da una parte all'altra della loro massa, succede però uno smovimento nel fluido naturale delle singole molecole, donde si ha in parte lo stesso effetto.

1242. *Attrazione vicendevole che talvolta ha luogo fra due corpi similmente elettrizzati.* Se noi avviciniamo un corpo fortemente elettrizzato o in più o in meno ad uno di dimensioni molto maggiori e che abbia un'elettricità omologa ma assai debole, può avvenire che giunti i due corpi ad una certa distanza, cessi fra essi la ripulsione e sottentri l'attrazione. E infatti se

v' ha attrazione allorchè il secondo non ha elettricità propria, non dovrà questa attrazione cessare immediatamente col dare ad esso secondo corpo una piccola dose d'elettricità omologa a quella del primo; ma anche con questa potrà la parte anteriore del secondo conservare un'elettricità contraria sì forte da avere ancora verso il corpo elettrizzato un'azione maggiore, che non la parte posteriore elettrizzata omologamente.

Questo fatto fu avvertito primieramente da Epino (1). Ed è molto importante il saperlo per ben decidere della specie dell'elettricità di un corpo. Perocchè dal vedere che questo corpo attrae, p. e., un elettroscopio isolato di Haüy elettrizzato in più, noi non dobbiamo subito conchiudere che il primo abbia elettricità negativa, potendo, per le cose dette or ora, averla anche positiva. Di che s'è già avvertito il lettore al § 857.

1243. *Le azioni fra i corpi elettrizzati si manifestano anche attraverso ad altri corpi.* Ciò è quello che si dee aspettare dopo aver veduto che l'elettrico sente l'azione de' corpi elettrizzati anche allorquando fra esso e questi si trovano interposti degli altri corpi (§ 971). Ne sono però state fatte delle sperienze dirette. Wheeler osservò che i corpi non elettrizzati vengono attratti da quelli elettrizzati anche col porre fra gli uni e gli altri più lamine di vetro; e Watson ottenne lo stesso effetto mettendo di mezzo libri ed altri corpi collocati su lamine di vetro (2). E a p. 183 abbiamo citata un'osservazione di questo genere fatta da Miles.

È però necessario che questi corpi interposti sieno ben isolanti o almeno bene isolati; altrimenti, acquistando essi per induzione un'elettricità contraria a quella de' corpi elettrizzati che loro si presentano, diminuiscono gli effetti di questi ultimi in un modo sen-

(1) *Tentamen* ec., p. 144 e seg.
(2) Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 78 e 145.

sibilissimo. E infatti i suddetti Wheeler e Watson osservarono che il vetro umido o freddo non lascia passar sì bene l'azione come quello secco o caldo.

1244. *Attrazioni e ripulsioni elettriche nell'aria rarefatta e in altri mezzi.* È stato riconosciuto prima da Boyle, e quindi da Grey e Wheeler, che le attrazioni hanno luogo anche nel voto pneumatico, senza differenza sensibile da quanto avviene nell'aria comune (1). E le ripulsioni vennero ottenute nello stesso voto barometrico pochi anni sono da H. Davy (2).

Però in queste sperienze sono necessarie diverse cautele. Primieramente si dee operare soltanto con tensioni debolissime; altrimenti l'elettricità che si introduce ne' recipienti attraversa facilmente l'aria rara contenutavi e si comunica alle pareti de' recipienti medesimi, ne' quali, se sono di vetro, si trattiene e turba grandemente gli effetti. Introducendo, p. e., due pendolini in una campana di vetro ove si faccia il voto, e quindi elettrizzandoli dal di fuori con una forte elettricità o positiva o negativa, ben poca parte di questa elettricità introdotta rimane in cotali pendolini, tendendo essa a recarsi di preferenza nelle parti più esterne del sistema e in particolare sulle pareti della campana; e i pendolini divergono assai meno di quanto dovrebbe corrispondere alla tensione dell'elettricità somministrata. Toccando poi i detti pendolini con una mano, divengono per induzione elettrizzati contrariamente alla campana, e danno segni di siffatta contraria elettricità. Intorno a questi fenomeni composti fece diverse sperienze il Beccaria (3).

In secondo luogo è necessario che le pareti de' recipienti sieno ben secche, per evitare similmente che lo stato loro si alteri per l'elettricità introdotta. Usando di

(1) Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 11 e 76.
(2) *Phil. Trans.*, 1822, p. 69.
(3) *Elettricismo artificiale*, pag. 384.

tali cautele, le azioni elettriche, a parità di cariche, si mostrano sempre della medesima grandezza sì nell'aria densa come nella rara. Io l'ho verificato per riguardo alle ripulsioni, ponendo un elettrometro a pagliette dentro una campana di vetro tenuta ben secca, levando da questa l'aria la quale usciva anche dall'interno dell'elettrometro che non era ermeticamente chiuso, elettrizzando quest'ultimo debolmente, e quindi lasciando subitaneamente entrar l'aria, la quale non alterava minimamente la divergenza delle pagliette (1). Quasi contemporaneamente giunsero a una stessa conclusione Snow-Harris e Turner (2).

Le ripulsioni de' corpi similmente elettrizzati si sono riconosciute da Beccaria anche nell'olio (3). E senza dubbio le diverse azioni vicendevoli de' corpi elettrizzati hanno luogo in tutti i fluidi coibenti (4).

Esposizione di diversi altri fenomeni e sperienze relativi alle attrazioni e ripulsioni fra i corpi elettrizzati.

1245. Fuvvi un tempo in cui le sperienze elettriche, destando una viva curiosità anche nel popolo, venivano mostrate per guadagno nelle pubbliche piazze; il che diede origine a molti giuochi sorprendenti, in cui pareva che la materia si comportasse in un modo affatto contrario alle ordinarie leggi della natura (5). Parecchi di siffatti giuochi, essendo ezian-

(1) *Opuscoli matematici e fisici*, t. I, pag. 376. Milano, presso E. Giusti, 1832. La mia memorietta venne pubblicata nell'ultimo fascicolo di un tal volume, durante il 1833.

(2) *Phil. Trans.*, 1834, p. 244, in una memoria spedita il 1.° dicembre 1833, e ricevuta dalla Società di Londra il 7 gennajo 1834.

(3) *Nuovi sperimenti per confermare ed estendere la Meccanica del fuoco elettrico*. Torino, 1780.

(4) Volta, *Collezione* ec. T. I, Part. I, p. 11.

(5) Veggasi l'*Histoire* ec. di Priestley, t. III, p. 121, 127 e seg.

dio istruttivi, si sogliono eseguire nelle scuole di Fisica anche al presente; ed io pure ne descriverò alcuni, e particolarmente parlerò in questo luogo di diversi che si riferiscono alle attrazioni e ripulsioni elettriche, aggiungendo altri fatti che ho creduto più conveniente di esporre in questo luogo.

Scampanio elettrico. Il traverso metallico *AB* (fig. 143) comunicante con uno de' conduttori della macchina elettrica mediante il pezzo *H*, sostiene i due campanelli *C* e *D* e il piccolo battente *E*, de' quali il campanello *C* è portato da una catenella conduttrice, il battente *E* e il campanello *D* da due cordoncini di seta, e quest' ultimo, col mezzo di una catenella *G*, è posto in comunicazione col terreno. Facendo lavorare la macchina, il battente *E* va alternativamente a percuotere i due campanelli, e continua sinchè la macchina si tiene in azione.

Si suole eseguire il giuoco anche con tre campanelli e due battenti, come è indicato dalla fig. 144; ed anche con due bocce di Leida contrariamente cariche, e munite superiormente di due campanelli fra cui oscilli un battente isolato (fig. 145).

1246. *Danza elettrica.* Col mezzo di una catenella metallica si sospende un piattello pure metallico dal conduttore di una macchina elettrica, e a qualche pollice al di sotto si colloca un altro piattello portato da un sostegno conduttore; si pongono su quest' ultimo delle figure d'uomini, d'animali, ec., fatte di carta, di foglia d'oro, di midollo di sambuco, ec.; e quindi si mette in azione la macchina. E si veggono le suddette figure saltellare, in un modo assai piacevole, dall' un piattello all' altro.

Riesce meglio la sperienza col tagliare i detti corpicelli a modo di punta da ambe le estremità; e ciò pel potere *assorbente* ed *emittente* delle punte, di cui si parlerà a suo luogo.

Se in vece di figurine si porranno fra i due piat-

telli delle leggiere piume d'uccello, o de' pappi di cardo, saranno questi attratti e respinti con una velocità incredibile, talchè non si potrà più distinguerne nè la forma nè il movimento, e soltanto si vedrà un colore uniforme nello spazio percorso. Avverrà lo stesso prendendo in luogo de' detti corpicelli una bolla di sottilissimo vetro di circa un pollice di diametro; la quale però spesse volte in queste velocissime vibrazioni si rompe (*).

Ponendo sul piatto inferiore (che allora giova cingere con un cilindro di cristallo) della sabbia, della limatura di rame, ec., verranno queste messe in moto con velocità grandissima, in modo da rappresentare una pioggia, la quale nell'oscurità parrà tutta luminosa. Ponendo de' pezzetti di midollo di sambuco, si avrà una specie di grandine.

Si può anche far la sperienza strofinando con della lana due tubi di vetro, l'uno liscio e l'altro ruvido, tenendone uno per mano in vicinanza l'uno dell'altro, e facendovi arrivare di mezzo una piuma o altro leggierissimo corpicello, il quale passerà alternativamente dall'un tubo all'altro. Al secondo tubo si può anche sostituire un bastone di ceralacca.

1247. *Coppa elettrica.* Si pigli un bicchiere di vetro, e abbracciatane con una mano la superficie esterna, si presenti la interna a una punta annessa al conduttore principale della macchina, e si metta questa in azione; con che si renderà elettrizzata in più la superficie interna, intantochè l'esterna col mezzo della mano perderà una notabil parte del suo fluido naturale. Posato allora esso bicchiere colla bocca all'ingiù su di un ammasso di pallottoline di midollo di sambuco, si vedranno queste saltellare per molto tempo; e quando il fenomeno sarà quasi cessato, lo si vedrà ravvivarsi coll'accostare una punta metallica all'esterno

(*) Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 216.

del bicchiere. In questo giuoco, mentre le pallottoline vanno togliendo all'interna superficie del vetro la parte libera del fluido in essa eccedente, l'aria al di fuori restituisce gradatamente alla superficie esterna l'elettrico che a questa manca, e rende libero altro fluido nella superficie interna (*).

1248. *Ragno elettrico*. A un pezzo di sughero bruciato, grosso come un pisello, si dà la forma di un ragno, facendogli delle zampe di filo di lino, e introducendovi, se lo si vuol più pesante, un grano o due di piombo; e quindi lo si appende a un sottil filo di seta. Ponendolo fra un corpo elettrizzato e uno che nol sia, ovvero fra due corpi elettrizzati contrariamente, lo si vedrà andare alternativamente dall'uno all'altro, movendo le zampe nella guisa di un vero ragno. È questa un'invenzione di Franklin.

1249. *Ruota elettrica e Girarrosto elettrico*. Si pigli una sottil lamina circolare di legno del diametro di circa un piede, e le si faccia passare pel centro un asse metallico ad essa perpendicolare, il quale dirizzato verticalmente termini colla estremità volta all'ingiù in un'acuta punta di ferro su cui essa lamina possa con facilità girare orizzontalmente, e all'estremità superiore finisca in un sottile cilindretto ritenuto entro un cerchio di rame. Si attacchino orizzontalmente sulla circonferenza della lamina trenta raggi formati di strette lastrine di vetro di tale lunghezza che le loro estremità più lontane si trovino alla distanza di quattro pollici l'una dall'altra, e a ciascuna di queste estremità si attacchi un cappelletto di rame. Quindi si carichi positivamente una boccia di Leida, e la si ponga accanto a questa ruota in modo che i diversi cappelletti di rame possano passare l'un dopo l'altro assai vicini al bottone di essa boccia. Ciò fatto, il cappelletto più vicino si avvicinerà al detto bottone; giunto sufficientemente

(*) Cavallo, *Trattato completo* ec., p. 407.

dappresso ne riceverà una scintilla, e quindi nel passare innanzi verrà respinto e sollecitato a continuare nel suo cammino; dopo sottentrerà un altro cappelletto a fare lo stesso, e così molti altri successivamente, mantenendo ed anzi accelerando il movimento. Prima però che tutti sieno passati, si dee mettere accanto alla medesima ruota, in un luogo, se si vuole, diametralmente opposto alla menzionata boccia, una seconda simile boccia carica negativamente, la quale attrarrà i cappelletti che successivamente le verranno vicini; arrivati che sieno abbastanza dappresso, toglierà loro mediante una scintilla il fluido sovrabbondante e un poco altresì di quello della dose naturale, e poscia, dopo passati innanzi, li respingerà. Così la ruota andrà successivamente accelerandosi sino a fare 12 o 15 giri ad ogni minuto primo; e girerà con tal forza che aggravandola di 100 talleri di Spagna, come provò una volta Priestley, non si rallenterà sensibilmente.

Si può con questa ruota far girare un pollo innanzi al fuoco, alla maniera d'un girarrosto. Il che fecero in America Franklin e i suoi amici l'anno 1748; nel dar termine alle loro sperienze elettriche di quell'anno. Accesero il fuoco col mezzo d'una boccia di Leida, usarono pel pranzo del nominato girarrosto, e bevettero in vetri elettrizzati, accompagnando i brindisi colle scariche di una batteria elettrica (*).

1250. *Sperienza di Rackstrow.* Alla distanza di circa mezzo pollice sopra un piatto metallico comunicante col terreno, e parallelamente a questo piatto, si collochi un cerchio pure metallico sostenuto da pezzi di ceralacca, e si ponga in comunicazione un tale cerchio con un conduttore d'una macchina elettrica. Si collochi in seguito dentro a questo cerchio una leggierissima bolla di vetro, e si metta in azione la macchina. Si vedrà la bolla venire immediatamente attratta

(*) Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 138; T. III, p. 152 e 167.

dal cerchio, e quindi muoversi in giro da sè intorno alla circonferenza di esso, continuando sempre a girare per quel verso dal quale avrà incominciato, o pel quale sarà stata avviata in sul principio dall' operatore.

Del primo avvicinamento della bolla la ragione è facile a vedersi. Giunta una tal bolla al contatto dell' anello, la parte di essa che lo ha toccato per la prima ne viene respinta, e sono invece attratte le altre, con forze che difficilissimamente fra loro si equilibrano; e di qui incomincia il moto rotatorio. Incominciato questo o nel modo indicato o mediante la mano dell' operatore, le parti della bolla che il moto stesso fa successivamente avvicinare all' anello, vengono da questo attratte, siccome quelle che non sono ancora elettrizzate o che hanno perduto gran parte della loro elettricità mandandola al piatto sottoposto; quelle parti in vece di essa bolla le quali abbandonano l' anello, sono da esso respinte e sollecitate ad allontanarsi maggiormente, siccome quelle che hanno ricevuto un' elettricità omologa.

Si possono far girare contemporaneamente due bolle intorno al medesimo cerchio, l' una dentro e l' altra fuori, sia per un medesimo verso, sia in direzioni contrarie; e adoperando più cerchii si può far girare un maggior numero di bolle. Si può anche far uso di anelli elittici, collocando nell' uno de' fochi un corpo rappresentante il sole, e figurando colle bolle i varii pianeti moventisi nelle loro orbite.

1251. *Sifone elettrico*. Sospendendo da uno de' conduttori della macchina elettrica un vaso pieno d' acqua, e collocando in questo il minor braccio di un sifone capillare, vedrassi l' acqua, prima che la macchina lavori, uscir lentamente e a goccie; ma elettrizzando l' apparecchio si avrà un getto continuo; e se l' elettricità sarà forte, si vedranno parecchi getti che prenderanno la forma di un cono, colla punta

all'estremità del tubo. Questa pioggia nell'oscurità è luminosa.

1252. *Zampillo elettrizzato*. Isolata una fontana di compressione ed elettrizzatala, il getto della medesima si suddividerà ed occuperà uno spazio assai maggiore dell'ordinario, ma tornerà alla primitiva dimensione cessando dall'elettrizzarlo. E ciò avrà luogo anche elettrizzandolo per induzione mediante un conduttore sovrapposto (1). Un getto d'acqua accostato a un corpo elettrizzato viene attratto da quest'ultimo (2).

1253. *Capelli elettrici*. Si pigli un fascetto di fili di canape o di capelli raccolti da un lato in un nodo, si posino sul conduttore della macchina o si appendano da questo, o anche gli si presentino dinanzi; col far lavorar la macchina si rizzeranno e si allontaneranno l'un dall'altro, e torneranno allo stato primiero appena che la macchina cessi.

Una piuma da pennacchio, tenuta in mano da una persona elettrizzata, s'allarga notabilmente colle sue barbe; ma si ritira come la sensitiva, recandole a contatto un corpo non elettrizzato (3).

1254. *Pallone elettrico*. Allacciati insieme alle due estremità dieci o dodici fili di canape o d'altra simile materia, si appenda il fascio a un conduttore d'una macchina; appena che saranno elettrizzati si separeranno gli uni dagli altri, e il nodo inferiore si avvicinerà al superiore, prendendo il tutto una figura quasi sferica, la quale durerà finchè essi si manterranno elettrizzati (4).

1255. *Altri fenomeni spettanti ai movimenti elettrici*. Fermata della ceralacca a un fil di ferro inscrito in uno de' conduttori di una macchina elettrica, la si liquefaccia col calore, e si metta in azione la mac-

(1) Singer, *Elementi di Fisica e Chimica elettrica*, p. 48. — Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 368.
(2) Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 125.
(3) *Ibid.* T. III, p. 133.
(4) Singer, *Elementi* ec., p. 48.

china; e si vedranno staccarsi dalla ceralacca molti filamenti rossi (1).

Avvicinando all'acqua un corpo elettrizzato, ella si solleva alquanto verso di esso (2).

La fiamma si agita per l'avvicinamento di un corpo elettrizzato (3).

Moltissimi altri fenomeni di questo genere si potrebbero citare, e molti se ne presenteranno da sè al lettore nelle sue sperienze.

1256. *Sensazione della tela di ragno.* Abbiam già detto fin dal principio della presente Sezione (p. 51), che avvicinando a un corpo elettrizzato, sia in più, sia in meno, il rovescio della mano, il viso, un braccio nudo, ec., si prova una particolar sensazione che rassomiglia al solletico prodotto dall'incontrare una rara e sottil tela di ragno.

Diverse sono le opinioni sulla causa di questo fenomeno. Per me io stimo ch'esso nasca dal determinarsi nei peli ond'è rivestita la cute nelle menzionate parti, una elettricità contraria a quella del corpo elettrizzato; il che faccia ch'essi peli sieno attratti da questo corpo e verso lui si rizzino, e così cagionino quella sensazione nella cute ove sono impiantati. Che i peli si rizzino, è cosa di cui l'occhio stesso è testimonio; e che il loro rizzarsi cagioni vellicamento, il possiamo verificare col far passare su di essi leggiermente una mano. S'aggiunga che una tale sensazione non si prova nel palmo della mano ove i peli mancano, e io non me ne accorgo nelle ultime falangi delle dita dove similmente non ho peli, bensì nelle altre falangi che sono alquanto pelose. Ho provato a radere i peli sul rovescio della mano, nella parte contigua al dito mignolo, e la sensazione cessò quasi affatto; e il poco

(1) Singer, *Elementi* ec., p. 49.
(2) Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 70.
(3) *Ibid.*, p. 230.

che rimase parve dovuto a qualche sfilacciatura della cute. È però d'uopo che tali peli non sieno secchissimi; perocchè in tempi freddi ed asciutti io non ho provata la detta sensazione, al certo perchè i peli erano assai secchi sì per secchezza dell'atmosfera che per iscarsezza di traspirazione cutanea, ed erano quindi incapaci di prendere una viva elettricità contraria; alitandovi però sopra, cotale sensazione subito si manifestava.

Fecero alcuni dipendere il fenomeno da fluido elettrico od anche da aria elettrizzata che rimangano immobili all'intorno della mano e le oppongano una leggiera resistenza. Ma in questo caso la sensazione dovrebbe manifestarsi anche sul palmo della mano dove il senso del tatto è pure assai delicato Oltre a che Epino osserva che una tale sensazione manca quando la persona sia anch'essa elettrizzata di elettricità omologa e della stessa forza di quella del corpo elettrizzato, trovandosi, p. e., su di uno sgabello isolante ed essendo in comunicazione col corpo elettrizzato medesimo (1).

Esso Epino, come anche il Beccaria opinano che una siffatta sensazione nasca da un blando entrare che faccia l'elettricità nella nostra cute (2). Ma se ciò fosse, il fenomeno dovrebbe aver luogo anche rivestendo la mano con della carta, in guisa che sia impedito il sollevamento de' peli, e avvicinandola quindi al corpo elettrizzato; il che non mi è riuscito.

È poi da distinguersi questa sensazione da quella del fresco venticello che spira dalle punte elettrizzate, e del quale si parlerà a suo tempo (3).

1257. *Sperienze di Beccaria sulla disposizione di più pendolini elettrizzati.* Disposto un ampio cannone me-

(1) *Tentamen* ec., p. 259.
(2) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 327.
(3) *Ibid.*

tallico isolato in una situazione orizzontale, e fattolo comunicare col conduttore principale di una macchina elettrica, attaccava egli parecchi uguali fili conduttori a uno stesso punto della linea infima di cotale cannone, ed osservava le figure secondo cui si disponevano le estremità di questi fili. Quando erano tre, quattro, cinque, formavano essi rispettivamente un triangolo, un rettangolo, un pentagono, simmetrici intorno al piano verticale passante per la suddetta linea infima, come è mostrato dalla fig. 146, ove i punti neri più grossi e la linea punteggiata rappresentano rispettivamente le projezioni delle estremità de' fili e della linea infima medesima, sopra un sottoposto piano orizzontale. Sette fili in vece presentavano un esagono alquanto allungato trasversalmente, con in mezzo uno de' fili in direzione verticale.

La cosa poi più degna d'osservazione si fu che quando veniva appesa una serie di fili a uguali distanze al di sotto del cannone, co' punti di sospensione tutti collocati nella linea infima, venivano essi fili gettati alternativamente l'uno a diritta e l'altro a sinistra in due file parallele (fig. 147), e i fili estremi si allontanavano altresì alquanto longitudinalmente dalla verticale abbassata dal centro della detta linea infima (1).

1258. *Sperienze del medesimo sulla divergenza di due fili elettrizzati* (2). Appese egli due sottili fili d'argento, lunghi un piede e resi diritti col calore, dal punto di mezzo della linea infima di un cannone orizzontale di latta lungo quattro piedi e grosso tre pollici, attaccati con un sottile e cortissimo stame di seta perchè fossero più mobili, e muniti all'inferiore estremità di due sottilissimi e leggierissimi pezzolini di carta, affinchè fossero visibili su di un panno nero spiegato nell'opposto muro. E avendo quindi comuni-

(1) *Elettricismo artificiale*, p. 357.
(2) *Ibid.* p. 359.

cato a questo cannone una carica come 2, e quindi una soltanto come 1 (la quale egli otteneva facendo parte della precedente con un altro cannone isolato affatto simile), misurò le corrispondenti divergenze dei fili; e da molte prove gli risultò che *le corde de' semiangoli di divergenza* erano anch'esse *nella ragione di 2 a 1*, con errori piccolissimi, i quali svanivano affatto ne' medii risultamenti delle varie prove. Donde si può arguire che in un apparecchio di questa forma le corde de' semiangoli di divergenza sono in ragione diretta semplice delle cariche elettriche (*).

È questa una cognizione molto utile per la costruzione degli elettrometri; ma converrebbe variar queste prove con altre forme di conduttori, e con mezzi ancor più delicati, il che era pure il desiderio di Beccaria.

CAPO VIII.

DEGLI ELETTROSCOPII E DEGLI ELETTROMETRI

1259. Ho differito sino a questo luogo a trattare di proposito degli Elettroscopii e degli Elettrometri, per essere essi la più parte fondati sulle attrazioni e ripulsioni elettriche.

Degli Elettroscopii. Chiamansi con tal nome quegli strumenti che servono semplicemente a manifestare l'esistenza dell'elettricità, indicandone talora anche la specie, ma non facendone conoscere la forza che grossolanamente. Non farò qui che raccogliere e richiamare alla memoria quelli di cui ci è già occorso qua e là di parlare, aggiungendo qualche dilucidazione riguardo ad alcuno di essi.

(*) Questa proposizione viene citata ed ammessa anche da Cavallo, il quale ritiene che nell'Elettrometro a foglie d'oro *le corde degli angoli di divergenza siano in ragione diretta semplice delle densità dell'elettrico.* — *Phil. Trans.* 1788, p. 19.

Pendolo elettrico. Può essere non isolato, e allora non fa che manifestare l'esistenza dell'elettricità (§ 847); e può essere isolato, nel qual caso può anche indicare di che specie ella sia (§ 857).

Elettroscopio di Haüy. Può anch'esso usarsi non isolato e isolato, per gli stessi usi del precedente (847 e 857). Aggiungerò ora che questo strumento, quando è isolato, lo si può preparare elettrizzato anche col mezzo dell'induzione, tenendone ferma l'asticciuola metallica con qualche corpo isolante, avvicinandole un corpo elettrizzato, e mentre questo è vicino toccandola con un conduttore non isolato, quindi ritirando per ordine l'un dopo l'altro questo conduttore, il corpo elettrizzato e il coibente che la teneva ferma.

Dell'*Elettroscopio di Bohnenberger* e di quello di *Canton* abbiamo parlato ai § 857 e 889.

1260. *Degli Elettrometri in genere.* Gli Elettrometri, quando si potessero ridurre a compiuta perfezione, sarebbero destinati a dare la precisa misura della tensione dell'elettricità, sia positiva, sia negativa. Questa misura però è un oggetto assai difficile a ben ottenersi, quantunque ella sia di grande importanza sì per acquistare delle cognizioni esatte, come per paragonare insieme i lavori fatti da diversi fisici in varii luoghi e in varii tempi.

Le condizioni che si ricercherebbero in questi strumenti, possiamo ridurle alle tre seguenti:

1.ª *Graduazione regolare* di ciascuno di essi, cioè tale che il numero de' gradi indicati progredisca nel giusto rapporto delle tensioni: che se ciò non si può ottenere, converrebbe almeno saper fare una *giusta correzione* alle indicazioni, in guisa da potere in fine arguir da queste le vere tensioni;

2.ª *Corrispondenza* fra gli Elettrometri di diversa specie e sensibilità posseduti da un medesimo sperimentatore; di maniera che questi possa sapere a quanti

gradi di uno d'essi corrispondano tanti gradi d'un altro;

3.ª *Comparabilità* de' diversi Elettrometri costruiti in diversi paesi da differenti artefici.

Volta si applicò con molta cura a questa parte della scienza, e con sufficiente buon esito, come apparirà dalla seguente esposizione, ove noi cominceremo a descrivere quelli fra siffatti strumenti i quali vennero da lui adoperati e perfezionati.

1261. *Elettrometro a Quadrante*, o *Quadrante-Elettrometro*. Abbiamo già esposto succintamente al § 887 in che modo esso sia formato. Aggiungeremo ora su ciò alcune particolarità più importanti, e insegneremo altresì il metodo additato da Volta per regolarne la graduazione.

I due semicerchii di legno si fanno un po' diversi di raggio, affinchè non si coprano l'un l'altro; si fanno spianati dalle bande rivolte l'una verso l'altra; e quivi si muniscono delle loro scale, regolate per modo che 90 gradi occupino un quarto di cerchio, e che lo zero si trovi al punto infimo.

Nell'asta verticale che serve di diametro e di sostegno ad essi semicerchii, si fa inferiormente una piccola incavatura (fig.ª 9), che riceva parte della palletta del pendolino, allorchè questo non è ancora spostato dalla situazione verticale; e ciò affinchè la paglietta possa allora trovarsi vicina a quest'asta in tutta la lunghezza. Quest'asta inoltre non si fa cilindrica, ma alquanto compressa a' due lati, in ispecie dalla banda rivolta alla paglietta.

Giova che cotale paglietta sia ben diritta; il che si ottiene bagnandola se era già secca, tendendola quindi con un peso, e facendola seccare così tesa mediante l'avvicinamento di un corpo caldo. E perchè anche nei tempi secchi ella sia abbastanza atta a ricevere l'elettricità e pronta ne' suoi movimenti, può munirsi internamente per tutta la sua lunghezza di un sotti-

lissimo filo metallico dirizzato col calore. E si appende inserendovi la gamba di una specie di T metallico; il cui traverso orizzontale serva di asse per la rotazione del pendolino. Quest' asse poi è ricevuto colle estremità in due occhi pur metallici situati in una palla incavata di legno, annessa all' asta verticale corrispondentemente al centro de' due semicerchii.

All' asta suddetta, dalla banda più lontana dai due semicerchii, si adatta un' asticciuola orizzontale di ottone, per unire lo strumento ai conduttori che si vogliono elettrizzare.

Sonosi trovate di sufficiente comodità le dimensioni seguenti, cioè: due pollici pel raggio de' semicerchii, quattro pollici per la lunghezza della paglia, e tre linee pel diametro della palletta; però quest' ultima si piglia dapprima un po' più grossa, e poi s' impiccolisce secondo che insegneremo or ora.

1262. Per regolare la graduazione di questo strumento, lo si adatta alla estremità di un conduttore orizzontale isolato, come si è veduto al § 936 e come è indicato dalla figura 28; e si fa comunicare l' altra estremità di esso conduttore colla palla isolata di uno spinterometro, tenendo l' altra palla di questo in buona comunicazione col terreno e alla precisa distanza di due linee parigine da quella isolata suddetta, procurando che sieno ottime anche le altre comunicazioni, cioè quella fra il menzionato conduttore e la palla isolata, e quella fra il conduttore medesimo e l' Elettrometro, mettendo una goccia d' acqua in que' luoghi ove si teme che la comunicazione non sia perfetta. Si fa quindi comunicare questo conduttore col conduttore positivo di una macchina elettrica; e si fa girar questa lentamente sino a che scocchi una scintilla, e si osserva fino a qual grado sia salito il pendolino dell' Elettrometro; s' egli è salito sino a 20 gradi precisi, lo strumento va bene; s' è salito meno, s' impiccolisce la palletta tanto che ella arrivi esattamente a

quei 20 gradi; e se è salito di più, si sostituisce un'altra palletta più pesante. Perchè poi in quest' operazione il detto pendolino si muova più lentamente e più regolarmente, si può applicare al conduttore della macchina l'uncino d'una boccia di Leida, la cui esterna armatura comunichi col suolo.

La sensibilità di uno strumento aggiustato a questo modo è opportunissima per le sperienze ordinarie che si fanno colla macchina elettrica, quando, p. e., si vogliono con esso regolare le cariche delle bocce di Leida o delle batterie, non essendo nè troppo delicato nè troppo insensibile. E se si hanno parecchi strumenti tutti aggiustati a questa maniera, vanno essi fra loro tutti d'accordo, ottimamente nel grado fondamentale di 20°, e plausibilmente negli altri gradi.

Vanno essi d'accordo nel grado fondamentale, perchè la tensione a cui la scintilla elettrica salta fra le due palle d'uno spinterometro allontanate d'un dato intervallo, è indipendente dalla natura chimica di queste palle, e varia assai poco colla grandezza di esse e colle altre dimensioni dello strumento, come pure colle circostanze dell'atmosfera, giusta quello che vedremo parlando della *Scintilla*. Che se si vogliano evitare anche queste piccole differenze, si usino sempre palle del diametro di un pollice, e la prova si faccia con quella densità dell'aria che corrisponde a 28 pollici del barometro e alla temperatura 0° R.

Vanno poi d'accordo essi strumenti anche negli altri gradi, stantechè le leggiere differenze che possono aver luogo nella loro costruzione non influiscono gran fatto, salvo forse ne' primi gradi.

1263. Volendosi adattare questo strumento a un conduttore cilindrico orizzontale, lo si dee collocare ad un' estremità di quest'ultimo, e di tal maniera che il punto di sospensione della paglietta si trovi nel prolungamento dell'asse del conduttore medesimo, e che i semicerchii volgano la convessità verso la banda

più lontana da esso conduttore (fig. 148 *a*). Sarebbe esso strumento assai male collocato se fosse applicato al di sopra del conduttore, sia verso il mezzo di esso, sia anche verso una delle estremità (fig. 148 *b*, *c*); perciocchè l'elettricità di esso conduttore eserciterebbe sullo strumento un'azione di sotto in su, verticale nel primo caso e obbliqua nel secondo, la quale nuocerebbe assai alla regolarità delle indicazioni.

Quando il conduttore abbia altra disposizione o altra figura, è da cercare sempre che l'azione sullo strumento riesca orizzontale, e diretta dal punto di sospensione della paglietta verso il punto di mezzo fra i due semicerchii; ed è utilissimo il porre fra questo conduttore e lo strumento un altro conduttore orizzontale, a cui esso strumento sia applicato come precedentemente si è prescritto (fig. 149) (1). Le bocce si possono applicare nel modo indicato dalla fig. 150.

1264. È ora da avvertire che anche collocato uno di questi Elettrometri nel miglior modo possibile, non segna esso de' gradi crescenti nella esatta proporzione delle tensioni; ma in sul principio il pendolo cammina assai lento, quindi si fa più veloce, poi si rallenta di nuovo, rendendosi lento di più in più, tanto che con nessuna carica lo si può recare sino a 90°. Per conseguenza, volendo conoscere le vere tensioni, è necessario correggere le indicazioni; la qual correzione negli strumenti adoperati da Volta riusciva molto bene eseguendosi nel modo indicato dalla Tavola seguente (2); nella quale i numeri della terza colonna gli ho aggiunti io, deducendoli da quelli della seconda dati da esso Volta.

(1) Volta, *Identità del fluido elettrico* ec., p. 54.
(2) *Ibid.* p. 55.

TAVOLA

Di correzione per l'Elettrometro a Quadrante.

Gradi indicati dall'Elettrometro	Gradi da aggiungersi	Gradi corretti	Gradi indicati dall'Elettrometro	Gradi da aggiungersi	Gradi corretti
1		3	31		33, 1
2	2	4	32		34, 4
3		4, 9	33		35, 7
4		5, 8	34		37, 0
5		6, 7	35		38, 4
6	1 1/2	7, 6	36	3 3/5	39, 8
7		8, 4	37		41, 2
8		9, 3	38		42, 7
9		10, 1	39		44, 3
10	1	11, 0	40		46, 0
11		11, 8	41		47, 7
12		12, 6	42	7 1/2	49, 5
13		13, 4	43		51, 4
14		14, 3	44		53, 4
15		15, 2	45		55, 6
16		16, 1	46		57, 9
17		17, 0	47		60, 4
18		18, 0	48	15	63, 0
19		19, 0	49		65, 8
20	Senza correzione	20, 0	50		68, 9
21		21, 0	51		72, 2
22		22, 0	52		75, 8
23		23, 1	53		79, 7
24		24, 2	54	30	84, 0
25		25, 4	55		88, 7
26		26, 6	56		93, 8
27	1	27, 9	57		99, 4
28		29, 2	58		105, 6
29		30, 5	59		112, 5
30	1 7/8	31, 8	60	60	120, 0

1265. **Ecco in qual modo possono verificarsi queste correzioni, o trovarsene altre che meglio convengano** a quel particolare strumento che si possiede.

Aggiustato a dovere il punto de' 20 gradi, e volendo, p. e., trovare quello de' 5° corretti, si caricano congiuntamente due bocce *A* e *B* equivalenti, sino a tal punto che messa la *A* in comunicazione collo strumento, gli faccia segnare 20°, e poi si ripartisce la carica della *B* con un'altra boccia *C* di capacità tripla e che sia affatto scarica, e quindi si applica la *B* all'Elettrometro; e si avrà la ricercata tensione di 5°. Prendendo la *C* della stessa capacità di *A* e di *B*, o del terzo di questa capacità, ec., si troveranno i punti de' 10° corretti, o de' 15°, ec.

Per trovare i 25° corretti, i 30°, ec., si caricano più bocce, una a 20°, un'altra a 5°, una terza a 10°, ec.; e messa in comunicazione quella de' 20° con l'Elettrometro, si isola la sua armatura esterna, e si fa comunicare con questa l'uncino della boccia carica o a 5°, o a 10°, ec., e si tiene intanto l'armatura interna di questa seconda boccia in comunicazione col terreno (§ 1144). È poi facile il verificare il punto trovato, impiccolendo la trovata tensione di 25° o di 30°, ec., in ragione di 5 a 4, o di 3 a 2, e osservando se con ciò si ha l'indicazione di 20°.

1266. Per dar qualche ragione del poc'anzi veduto andamento dell'Elettrometro, noi osserveremo che:

1.° Quando il pendolino è sul primo scostarsi dall'asta verticale, l'azione repulsiva ch'esso soffre da quest'asta e dal conduttore a cui è annesso, viene vivamente contrastata da un'azione contraria esercitata dalle parti più sporgenti de' semicerchj, ne' quali l'elettricità è assai fortemente accumulata: oltre a ciò esso pendolino, attesa la vicinanza dell'asta, ha un'assai scarsa capacità per l'elettrico. A mano a mano però che esso si allontana da cotale asta, ei va guadagnando successivamente nella capacità, e ad un tempo

si va impiccolendo quella parte de' semicerchii la quale spinge esso pendolo all' indietro.

2.° Quando il pendolo si trova molto allontanato dalla direzione verticale, la ripulsione su esso esercitata fa un angolo assai acuto colla di lui direzione, e quindi essa ripulsione dev' essere molto forte per tenerlo così allontanato, tanto più che l' azione contraria del peso cresce coll' aumentarsi dell'allontanamento. Ed è sì efficace questa circostanza, che ci vorrebbe una ripulsione infinita a tenere allontanato il pendolo sino ai 90°. Il che è facile a comprendersi da chi conosca le dottrine del pendolo idrometrico, o da chi voglia applicare a ciò il calcolo.

1267. *Osservazione.* Mostra sovente questo strumento l' irregolarità che nelle piccole cariche, p. e. in quelle che corrispondono alle tensioni di due o tre gradi corretti, la palletta anzichè allontanarsi, si stringe in sulle prime contro la vicina asta verticale, dalla quale nello stato naturale rimane separata di qualche piccolo intervallo. Io stimo che ciò nasca dalla difficoltà con cui una siffatta debole elettricità si trasmette lungo la paglietta dello strumento; donde avviene che nel caso di queste piccole cariche la palletta si comporta rispetto all' asta verticale, come un corpo allo stato naturale che sia vicino ad uno elettrizzato. Questo difetto però viene in gran parte levato coll' introdurre nella paglietta il sottilissimo filo metallico di cui abbiamo già parlato. Ne' tempi secchissimi le deboli elettricità possono trovare qualche difficoltà anche a discendere lungo la detta asta; al che si può provvedere col rivestire questa con foglia di stagno. Ad ogni modo io stimo che ne' primi gradi della scala non è da aversi grande fiducia in questo strumento, parendomi che le sue indicazioni possano allora sentire molta influenza dalle piccole diversità di costruzione.

1268. *Quadrante-Elettrometro per le forti tensioni.*

Di questo può capitar bisogno nelle cariche comunicate da buone macchine a quei conduttori semplici che non perdono facilmente l'elettricità (p. 123), non già a bocce o a' quadri, ne' quali le cariche, prima di giungere a forti tensioni, o si disperdono o spezzano gli apparecchi. Consiglia Volta in tali casi di preparare un altro strumento simile al già descritto, ma con palla più grossa e più pesante, di maniera che ciascuno de' suoi 90 gradi corrisponda a 5 dell'altro più sensibile. Il nuovo strumento può così incominciare ad esser servibile a quelle tensioni alle quali non convien più l'uso del precedente, cioè quando questo giunge verso i 50 gradi apparenti, a' quali esso comincia ad aver bisogno di una troppo forte correzione. Si debbono però fare anche al nuovo le correzioni medesime indicate pel primo. Ed inoltre si debbono in esso schivare con diligenza le punte e gli spigoli taglienti, e terminare tutte le estremità con palle alquanto grosse, perchè l'elettricità non possa disperdersi facilmente.

1269. *Elettrometro a pagliette.* Serve questo per una serie di tensioni assai deboli, alle quali l'Elettrometro a quadrante più delicato o fondamentale non è più sensibile; ed è una delle molte invenzioni del Volta, il quale lo sostituì agli strumenti immaginati precedentemente da Cavallo e da Saussure (*).

Per costruirlo prende Volta un piccolo fiasco quadrato di cristallo molato (fig. 151), largo da 20 a 26 linee e alto poco più; adatta al suo collo un cappello di ottone, da cui scende internamente un'appendice cilindrica, assottigliata sul fine a cuneo e avente quivi due forellini, ai quali, col mezzo di due mobilissimi anellini di filo d'ottone, attacca due pagliette lunghe circa 2 pollici; ha cioè ciascun anellino due gambe, una delle quali,

(*) Veggasi la prima delle lettere meteorologiche di esso Volta, nella *Collezione* ec. T. I, Part. II, p. 7 e seg.

lasciata alquanto più lunga e dirizzata col calore, viene introdotta nel vano della sua paglietta (io tengo queste gambe lunghe in modo da avanzarsi per quasi tutta la lunghezza delle pagliette, cui esse gambe servono a tener diritte e a ridurre prontamente elettrizzate anche nei tempi secchi). Le pagliette debbono essere dirittissime e sottilissime, cioè non più grosse di $^1/_4$ o di $^1/_6$ di linea (e a ciò possono servire gli steli di certe finissime erbe graminacee); e se l'una o l'altra di esse si mostra più pesante, alzandosi negli sperimenti meno della compagna, se ne accorcia un poco il filo metallico: i centri de' bucolini si tengono alla distanza di circa mezza linea, onde tale riesca anche la distanza degli assi delle pagliette prima d'essere elettrizzati.

Il collo del fiaschetto si riveste esternamente di ceralacca; il fondo si leva, sostituendovi un piattello metallico, dal quale si fanno sorgere internamente alla bottiglietta due laminette metalliche, perfettamente comunicanti con esso fondo e saldate sulle pareti, ed alte a segno da poter essere toccate dalle pagliette, quando queste vengano sufficientemente allargate. Le quali laminette servono: 1.° ad aumentare alcun poco la divergenza di cotali pagliette, in forza dell'elettricità che in esse pareti si induce, contraria a quella delle pagliette stesse; 2.° a ricevere e a trasportare al fondo metallico e quindi al terreno l'elettricità delle pagliette medesime, allorquando queste, per troppa carica, vanno a battere contro le pareti; la quale elettricità in caso diverso potrebbe tenere lungo tempo esse pagliette aderenti a cotali pareti (p. 251), o si comunicherebbe e si fermerebbe su queste ultime, con detrimento dell'esattezza delle successive sperienze.

La divergenza delle pagliette viene indicata da una carta saldata esternamente alle pareti del piccolo fiasco, tagliata superiormente ad arco concavo, e divisa in questo lembo superiore da linee convergenti all'al-

to, e distanti, secondo l'uso di Volta, di mezza linea ciascuna: esso Volta altresì teneva il lembo superiore di questa scala a livello della inferiore estremità delle pagliette.

1270. Essendo difficile il trovar fiaschetti quadrati con pareti sì regolari che l'immagine delle pagliette non venga deformata, il sig. Munck af Rosenschöld immaginò di farle con quattro lastre di vetro quadrangolari saldate insieme negli orli (*). Anch'io fo uso di quattro lastre, ma triangolari con l'angolo superiore troncato, saldate insieme con gommalacca in guisa che ne risulti una piramide tronca (fig. 152); lego i vertici con un pezzo d'ottone saldatovi sopra con ceralacca e forato a madrevite per ricevere il pezzo che porta le pagliette. Invernicio le dette lastrine con una mano di vernice copal sì all'esterno che all'interno, trattane la lastrina destinata a porvi la scala, lasciando in cotal lastrina uno spazio libero per veder bene le pagliette. La scala, pure di carta, è formata d'una porzione di cerchio stampato diviso ne' suoi 360 gradi, cioè d'una porzione corrispondente a 45 gradi, lasciandone 22 $^1/_2$ da ciascuna banda della division centrale.

1271. Volendo isolar meglio le pagliette, può usarsi il seguente metodo proposto da Singer. Si appendono esse pagliette ad una verghetta metallica lunga 5 pollici e grossa da un dodicesimo a un quindicesimo di pollice, la quale si fa passare da un tubo di vetro lungo 5 pollici e largo internamente un terzo di pollice, e rivestito dentro e fuori di ceralacca, fermando cotal verghetta nel mezzo di esso tubo con un turacciolo di seta (fig. 153). Alla sua estremità superiore questa verghetta è munita di un disco metallico, da cui discende un breve ma largo tubo pure metallico, destinato a difendere dalla polvere essa verghetta e il

(*) Poggendorff's *Annalen*, anno 1835, num. 3, p. 440.

tubo di vetro, e a rallentare la circolazione dell' aria, affinchè ne' tempi umidi riesca più lenta la deposizione dell'umidità. Esso tubo di vetro poi, verso il mezzo della sua lunghezza, è attaccato con mastice al centro del cappello dell' Elettrometro (*). Con questa disposizione l'elettricità comunicata alle pagliette non può passare al cappello suddetto se non scorrendo lungo la superficie interna ed esterna del tubo, per la lunghezza almeno di quattro pollici. Volendo un isolamento maggiore, si possono usar tubi più lunghi, o anche unirne due, l'uno dentro l'altro, mediante la frapposizione similmente di un viluppo di seta, guardando bene che negl' intervalli non si introduca polvere, e che non vi sia contatto fra la verghetta metallica e il tubo interno, e fra questa e l'esterno.

1272. Un singolar pregio dell' Elettrometro a pagliette si è che la divergenza di queste pagliette cresce quasi nell' esatta proporzione della tensione. Si prenda una boccia di Leida affatto scarica da molto tempo, e dove perciò non possa risorger residuo, e la si carichi gradatamente con un elettroforo le cui scintille sienosi già alquanto indebolite e rese stazionarie. E si vedrà che se dopo quattro scintille l'Elettrometro segna 2 gradi, dopo altre quattro ne segnerà 4, dopo quattro altre ne mostrerà 6, quindi 8, 10, ec., camminando regolarmente sin verso i 20° circa. Però non più innanzi: giacchè oltrepassato un pollice d'allargamento, ed anche un po' prima, se è men larga l'interna capacità del recipiente, le pagliette vengono attratte con forza dalle laminette metalliche laterali, e vanno a percuotere e a scaricarsi in queste; e qualche grado prima che ciò avvenga, le divergenze crescono più rapidamente di quello che corrisponderebbe all' aumento della carica. Si può obbiettare che le ultime scintille dell' elettroforo non danno alla boc-

(*) Singer, *Elementi di Fisica e Chimica elettrica*, p. 234.

cia di Leida, allora già leggiermente carica, la medesima dose d'elettricità come le prime, ma qualche cosa meno, p. e. $^1/_{20}$ meno; talchè 40 di esse così decrescenti non equivalgono a 40 volte la prima, ma soltanto, nell'addotto esempio, a 39 volte, e con esse l'Elettrometro non dovrebbe mostrare 20 gradi, ma soltanto 19 $^1/_2$. Però Volta osserva che così appunto fa lo strumento; il che egli ha riconosciuto con apposite sperienze, e perciò assicura che dentro l'indicato limite l'andamento è regolarissimo. E questa regolarità la verificò anche ripartendo la carica di una boccia con una o due altre equivalenti, e riducendo così la tensione alla metà o al terzo. Era ben lontano da questa regolarità lo strumento nella sua primitiva costruzione, quale cioè veniva usato da Cavallo e da Saussure, allorquando in luogo di pagliette aveva due pallette di sughero appese a fili d'argento (1).

Solamente sul primo allargarsi delle pagliette mostrasi lo strumento alquanto imperfetto. Abbiam detto in fatti che queste pagliette si attaccano a qualche leggiera distanza l'una dall'altra, cioè alla distanza di circa mezza linea: il che produce evidentemente l'inconveniente che nelle debolissime cariche, p. e. di $^1/_2$ grado, di $^3/_4$ di grado, lo strumento indica più di quello che dovrebbe. Volta però trova che fortunatamente questa irregolarità vien presto corretta da un'altra (2). Succede cioè che le prime quantità d'elettrico, vale a dire quelle corrispondenti a $^1/_4$ di grado, a $^1/_2$ grado e anche a un grado, non muovono sensibilmente lo strumento al di là del grado 1, già indicato prima di dar veruna carica. Bensì il muovono le cariche ulteriori; p. e. la carica di due gradi il porta da 1 a 2, quella di tre gradi il porta sino a 3, ec. Di maniera che in sul principio le indicazioni precorrono le tensioni, ma in breve si lasciano raggiungere da queste, per cammi-

(1) Volta, *Collezione* ec. T. I, Part. II, p. 16.
(2) *Ibid.* p. 22.

nare quindi del pari; e tutta l'irregolarità non oltrepassa gran fatto il primo grado.

Può avvenire in qualche caso, che per non essere ben diritte le pagliette, o per altra cagione, le indicazioni riescano irregolari. Allora è necessario di studiare con esperienze preliminari il valore di queste indicazioni, caricando una boccia con una, due, tre, ec., scintille di un elettroforo, e osservando quali indicazioni dia corrispondentemente lo strumento.

1273. Per legger bene queste indicazioni consiglia Volta di tener sempre l'occhio a livello del lembo superiore della scala, e a una costante distanza dallo strumento. Però questa pratica, in sè giustissima, riesce alquanto difficile quando lo strumento viene adoperato da diverse persone, alcune delle quali sieno di corta ed altre di lunga vista. Io procedo a quest'altro modo. Tengo il lembo superiore della scala un po' più elevato che l'inferiore estremità delle pagliette, e pongo l'occhio a livello del punto di sospensione delle pagliette medesime, senza curarmi della distanza di esso occhio. Con ciò per una data divergenza di cotali pagliette leggo quasi lo stessissimo numero di gradi, sì tenendo l'occhio vicino allo strumento, come tenendolo lontano. Di che, senza ch'io dia dimostrazione geometrica, può bastare al lettore di assicurarsi col fatto.

1274. In quanto alla sensibilità degli Elettrometri di questa specie, Volta ha trovato che avendo essi le pagliette grosse appena $^1/_6$ di linea, ed essendo nel resto costruiti ed adoperati secondo le norme da lui insegnate, mostrano 16 de' loro gradi per la tensione di un grado corretto del Quadrante-Elettrometro fondamentale; i quali 16 gradi corrispondono, secondo un mio computo, a una divergenza di $^{16}/_{300}$ della circonferenza, ossia a $19^\circ\ ^1/_5$ de' 360° in cui questa circonferenza si suol dividere. Può però questa sensibilità rendersi diversa col variare la grossezza, il peso e la lunghezza delle pagliette.

Per riguardo alla grossezza di cotali pagliette, essi strumenti sono tanto meno sensibili, quanto ella è maggiore; non però con quella differenza che in sulle prime si crederebbe, giacchè dalla grossezza di un quarto di linea a quella di un ottavo pur di linea, vi è al più una variazione di due gradi in venti: e infatti se la grossezza accresce il peso delle pagliette, ella aumenta altresì la loro carica elettrica e la vicendevole ripulsione. Ne segue che costruendo varii di questi strumenti ove le pagliette abbiano una grossezza fra un quarto e un sesto di linea, e nel resto sieno simili, non s'ha a temere grave discordanza dall'uno all'altro.

È di molto maggiore influenza il variare del peso senza cangiamento di grossezza, tenendosi, p. e., più o meno lunghi i fili metallici introdotti.

In quanto alla lunghezza, Volta ha trovato che accorciando gradatamente due pagliette, l'angolo di divergenza corrispondente a una data tensione rimane pressochè costante, e la distanza delle inferiori estremità va perciò scemando prossimamente nella ragione stessa della lunghezza; quindi è che, alzando in cotale proporzione anche la scala, lo strumento adoperato al modo suggerito da esso Volta si rende successivamente meno sensibile nella medesima ragione.

1275. Col variare opportunamente la sensibilità mediante i cangiamenti or ora indicati, noi possiamo inserire qualche Elettrometro a pagliette meno delicato, fra quello indicato al principio del precedente paragrafo e il Quadrante-Elettrometro fondamentale; il che è molto vantaggioso, giacchè l'intervallo fra questi ultimi è troppo grande, terminando la scala dell'uno a una tensione a cui l'altro non incomincia ancora a muoversi. Un Elettrometro intermedio molto conveniente sarebbe quello in cui corrispondessero quattro divisioni a ciascun grado corretto del Quadrante-Elettrometro fondamentale. E lo si può ottenere scegliendo

delle paglie alquanto grosse, aggravandole con de' fili metallici o usando de' bastoncini di legno, e regolando convenientemente il peso di queste pagliette e la loro lunghezza e la collocazione della scala, in modo che esso mostri 16 de' suoi gradi per una tensione di 4 gradi del suddetto a Quadrante; la qual tensione si può facilmente conseguire impiccolendo opportunamente una data carica di una boccia di Leida.

1276. *Avvertenze per l'uso dell' Elettrometro a pagliette.* Volendo esplorare con questo strumento la tensione di una boccia di Leida leggiermente carica, conviene osservarlo intanto che vi sta in comunicazione l'uncino o bottone di essa boccia, sì per ovviare alla perdita di elettricità, la quale, operando diversamente, avrebbe luogo durante l'osservazione, e sì perchè allontanando la boccia, retrocede un po' d'elettrico dalle pagliette al cappelletto dello strumento, e le indicazioni diminuiscono.

Nell' usare questo strumento si dee tenere il suo fondo metallico in buona comunicazione col terreno, affinchè questo fondo e le laminette metalliche saldate alle pareti possano facilmente acquistare la contraria elettricità e portare immediatamente la divergenza delle pagliette alla sua massima grandezza. Della qual pratica si può riconoscere l'importanza usando esso strumento isolato su d'un cono di zolfo.

Non convien dare allo strumento delle cariche troppo forti; altrimenti l'elettricità comunicata si diffonde e si ferma sulle pareti, deprimendo le indicazioni dell'elettricità omologa e rinforzando quelle dell'elettricità contraria. Talvolta è l'elettricità indotta, salita dal fondo metallico, quella che si stabilisce sulle pareti; e allora succedono effetti contrarii, si ingrandiscono cioè i segni dell'elettricità omologa a quella comunicata, e si indeboliscono que' della contraria. Si può riconoscere se le pareti hanno ricevuto di queste elettricità, facendo comunicare col cappelletto dello strumento

prima l'una e poi l'altra estremità di una *pila a secco*, e osservando se si hanno o no uguali divergenze in ambe le prove: quando, p. e., si ha minor divergenza dall'estremità positiva, è segno che le pareti sonosi elettrizzate in più.

È altresì necessario che lo strumento sia ben asciutto, affinchè esso non disperda l'elettricità de' corpi che si cimentano.

Del resto per saperlo ben usare e aver presenti le diverse avvertenze ch' esso esige, è d'uopo famigliarizzarselo con un po' di pratica.

L'Elettrometro a pagliette sottili può anche usarsi come semplice Elettroscopio; ma di quest'uso si è già parlato al § 993.

1277. *Elettrometro a foglia d'oro.* Questo strumento, dovuto all'inglese Bennet, non differisce da quello a pagliette se non in questo, che in luogo delle pagliette ha due liste di foglia d'oro lunghe circa 18 linee, larghe 2 linee, e collocate parallelamente e a piccola distanza l'una dall'altra.

Suggerirò alcune norme per chi lo voglia costruire. Si sceglie una foglia d'oro che non sia lacera, la si pone frammezzo a due fogli di carta, nell'uno de' quali sieno segnate esternamente parecchie rette parallele distanti due linee l'una dall'altra; si uniscono insieme questi due fogli, p. e. con degli spilli, in modo però da non guastar l'oro; e con una forbice si tagliano cotali fogli così uniti lungo le rette segnate, insieme colla foglia d'oro frapposta, per formare di essa diverse listerelle. Si scelgono fra queste quelle che non hanno lacerature o interruzioni, si riducono alla conveniente lunghezza, e si stendono su d'un tavolino con una estremità leggermente sporgente fuori del lembo di questo. Si prende quindi il pezzo d'ottone che le dee portare, il quale dev' essere un cilindretto, fatto a vite o no come aggrada, terminato superiormente in un cappelletto piano, e ridotto inferiormente alla forma di una laminetta

parallelepipeda lunga circa mezzo pollice, larga poco più di due linee e grossa una linea; si bagna di bianco d'uovo una delle due più larghe facce laterali di questa laminetta, non però sino all' inferiore estremità, e si va con questa faccia a pigliar per di sotto la parte sporgente di una delle listerelle, la quale vi rimane attaccata (si ripiegherebbe essa sotto la laminetta, se questa fosse bagnata anche all' estremità inferiore); si fa lo stesso colla faccia opposta della laminetta e coll' altra listerella, procurando che le due listerelle sieno messe a dovere fin dapprincipio, non essendo agevole lo aggiustarle dappoi; in fine si introduce il pezzo d'ottone colle unite listerelle nel collo del piccolo fiasco, o quadrato o piramidale, già preparato. E il tutto si fa a finestre chiuse, in luogo ove l'aria non sia agitata.

Si adopera questo strumento allo stesso modo degli Elettrometri a pagliette, e serve ad esplorare delle elettricità ancor più deboli, essendo tre o quattro volte più sensibile di quello a pagliette più delicato. Ha eziandio il pregio di una singolare prontezza, non arrestandosi mai l' elettricità nel passare dal pezzo d'ottone alle listerelle, come s'arresta talvolta in quello a pagliette. Ha però l' inconveniente che le listerelle si attaccano qualche volta insieme, al che si deve ovviare col non appenderle troppo vicine.

Per le tensioni ancora più deboli abbiamo il Condensatore applicato all'Elettrometro a pagliette, o a questo stesso a foglia d'oro.

1278. Una compiuta serie di Elettrometri la quale basti a tutte le sperienze dell' *Elettricità statica*, dev'essere formata almeno di cinque di essi, cioè di due a quadrante, di due a pagliette e d'uno a foglia d'oro (*). Con una tal serie, supposto che il men sensibile a quadrante abbia i gradi d'un valore quintuplo di quelli del Quadrante-Elettrometro fondamentale, e che possa servire sino a quaranta de' suoi gradi

(*) Volta, *Collezione* ec., t. I, Part. II, p. 66 nella nota.

corretti, noi possiamo misurare una serie di tensioni da 200 gradi del Quadrante-Elettrometro fondamentale sino a 1/50 di uno di tali gradi, i quali estremi stanno come 10000 a 1. Col mezzo poi de' Condensatori si può agevolmente arrivare a una sensibilità 100 volte più grande, con che le estreme tensioni misurabili stanno come un milione a uno.

Aggiungeremo la descrizione di alcuni altri Elettrometri molto ricordati dagli scrittori.

1279. *Elettroscopio di Coulomb.* È questo formato sul medesimo principio della bilancia di torsione, ma in minori dimensioni. Egli consta cioè d'una sottilissima asta orizzontale di gomma lacca, lunga 12 linee, terminata a una estremità da un piccolo cerchietto di foglia di rame, e appesa in direzione orizzontale a un filo semplice di seta lungo 4 pollici (*). In alcuni di tali apparecchi fatti da Coulomb l'asta di gomma lacca con insieme il cerchietto metallico non arrivava a pesare un quarto di grano. Questa bilancetta si colloca, nel modo della detta bilancia di torsione, dentro una campana di vetro; e attraverso al fondo superiore di una tal campana si introduce per un foro, e quindi si salda, un bastoncino metallico ben isolato in tutta la sua lunghezza, ma avente alle estremità due palle metalliche nude, l'una interna e dorata e l'altra esterna. Si fa che l'interna venga appena toccata dal cerchietto metallico della piccola asta orizzontale, movendo in giro quant'è d'uopo l'ordigno che porta il filo; e all'esterna si pone a contatto o semplicemente si avvicina il corpo elettrizzato che si vuol cimentare; e si vede il cerchietto dell'asta venir notabilmente respinto. E l'arco d'allontanamento, opportunamente interpretato, serve a misurare la tensione.

Questo Elettrometro viene da Coulomb giudicato

(*) *Memorie dell'Accad. di Parigi*, 1785, p. 577.

superiore in sensibilità a tutti gli altri. Secondo me però è facilissimo che qualche lordura o qualche atomo di polvere tolga il perfetto contatto fra il cerchietto e la palletta metallica interna, e impedisca con ciò il passaggio alle debolissime elettricità, che sono quelle ove questo strumento dovrebbe essere vantaggioso.

1280. *Elettrometro di Cuthberson.* Questo strumento, il cui primo pensiero si dee a Ellicot (1), consiste in una verga d'ottone lunga circa 13 pollici (figura 154), terminata da due globi pur di ottone, disposta orizzontalmente in equilibrio al modo dell'asta di una bilancia, e portata da un sostegno inferiormente isolante. Uno de' bracci di quest' asta è graduato dal numero 1 al 60, e porta un corsojo che può recarsi a diverse distanze dal centro del moto. Il globo annesso a questo braccio graduato si appoggia a un altro globo d'ottone sostenuto da un braccio metallico incurvato fermato sul sostegno dello strumento. A quattro pollici sotto l'estremità dell'altro braccio trovasi un ultimo globo, posto su d'un piede isolante, ma che all'uopo si fa comunicare col terreno o coll'esterna armatura di una boccia o di una batteria. Si pone la parte superiore del sostegno dello strumento in comunicazione col conduttore della macchina elettrica o coll'interno della boccia o della batteria; e facendo operare la macchina, nasce una ripulsione fra il braccio graduato e il globo sottoposto, e un'attrazione fra il braccio non graduato e la palla che vi sta sotto, tanto che alla fine queste due forze preponderano al peso del corsojo e fanno alzare il braccio che n'è aggravato, e discender l'altro (2).

Io osservo che in questo strumento crescendo la carica come i numeri 1, 2, 3, 4, ec., crescono tanto l'attrazione quanto la ripulsione come i quadrati 1,

(1) Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 250.
(2) Singer, *Elementi di Fisica e Chimica elettrica*, p. 107.

4, 9, 16, ec.; e debbono perciò crescere come questi ultimi anche le distanze del corsojo dal centro del moto se si vuol l'equilibrio fra il peso di esso corsojo e siffatte due forze. Perciò se i numeri della scala graduata debbono indicare esattamente le tensioni, si dovrà segnare 1, 2, 3, 4, ec., alle distanze 1, 4, 9, 16, ec.

Un assai utile Elettrometro è quello di *Lane*, detto anche *Spinterometro*, di cui si sono già dette parecchie cose, ed altre se ne diranno più innanzi (*).

1281. *Considerazioni generali.* La prima norma che ci si affaccia per avere un Elettrometro regolarmente graduato, si è di fare che i gradi da lui indicati crescano nella ragione delle quantità d'elettrico che in esso sovrabbondano o mancano dalla dose naturale. Vi è però l'inconveniente che col variare delle indicazioni varia leggermente anche la figura dello strumento; ed è chiaro non doversi ritenere, e. g., per tensione doppia quella che corrisponde a una doppia carica in un corpo di diversa figura. Per ischivare questo inconveniente e ottenere una graduazione più regolare, si dee tener applicato allo strumento un altro corpo isolato alquanto più grande, e fare che le indicazioni segnate nella scala crescano nella ragione delle cariche comunicate a questo secondo corpo. E siccome la distribuzione dell'elettricità in cotale secondo corpo sente anch'essa una leggiera influenza dall'alterazione di figura dello strumento, influenza però che è tanto più debole quanto più è piccolo esso strumento in paragone del corpo aggiunto, ossia quanto maggiore è questo di quello, così la graduazione è tanto migliore quanto più grande è l'estensione di esso corpo aggiunto. E la graduazione veramente regolare l'abbiamo nel limite a cui successivamente ci

(*) Una copiosa enumerazione di Elettrometri può vedersi nel nuovo Dizionario fisico di Gehler all'articolo *Elektrometer*.

accostiamo, applicando corpi mano mano più grandi. Però quando questi arrivano a superare d'assai lo strumento, siamo già vicinissimi a cotal limite, e per la pratica possiamo esser contenti.

Torna poi allo stesso, per gli usi pratici, se in luogo di avere tutti i gradi della scala in regolare corrispondenza colle tensioni, si sappia soltanto, mediante qualche tavola simile a quella del § 1264, a quale precisa tensione corrisponda ciascun grado particolare, comunque irregolare sia la corrispondenza.

Ciò sia a maggior lume di quanto si è detto al § 934, relativamente alla tensione.

CAPO IX.

DEL MOTO DEL FLUIDO ELETTRICO; E PRIMIERAMENTE DELLA SUA PROPAGAZIONE DA MOLECOLA A MOLECOLA

Nozioni generali.

1282. Il fluido elettrico può essere posto in moto da più specie di forze. Può primieramente esser mosso dalle due forze fondamentali a cui è soggetto, cioè dalla ripulsione fra le proprie di lui parti, e dalla sua attrazione verso la materia pesante diselettrizzata. Queste forze, quando esso fluido non abbia in un corpo la distribuzione di equilibrio, tendono a ridurvelo, e se non si oppongono resistenze abbastanza forti, ve lo riducono effettivamente, o almeno ve lo avvicinano, secondo la facoltà conduttrice del corpo; e ciò con un moto di durata generalmente brevissima, che da alcuni dicesi *Trasfusione*. Oltre a queste può esso fluido esser mosso da diverse altre forze, capaci di distoglierlo dallo stato di equilibrio, e che operano su esso soltanto in alcune occasioni. Tal è il *Calore*, il quale può smuovere l'elettrico in ciascuna delle

molecole di diversi corpi, e in ispecie delle Tormaline. Tal è un'azione che manifestano i conduttori eterogenei nel vicendevole contatto.

Noi cominceremo in questi capitoli ad esporre quelle proprietà del moto dell'elettrico, le quali ci possono essere manifestate nella trasfusione o ristabilimento di equilibrio. Altre proprietà le quali non si manifestano chiaramente che in un moto continuato di qualche durata, le esporremo dopo che ci saremo occupati intorno alle cause atte a produrre quest'altra specie di moto.

1283. Il fluido elettrico si può propagare in tre diversi modi, cioè:

1.° Per comunicazione da molecola a molecola;

2.° Per mezzo della scintilla;

3.° Per emissione ed assorbimento dalle punte.

Noi ci occuperemo in questo capitolo del primo di questi modi.

Della Comunicazione dell'Elettrico da molecola a molecola.

1284. Trovandosi due o più corpi conduttori a vicendevole contatto, e venendo l'elettrico a trovarvisi disequilibrato, per esserne stata, a cagion d'esempio, comunicata all'un d'essi una nuova quantità, si pone questo fluido immediatamente in moto portandosi da quel corpo ove è troppo accumulato verso quello ove lo è troppo poco, mediante un successivo passaggio da una ad altra molecola nel modo che fa il calorico repente, e continuando in questo moto fino a che abbia conseguita la distribuzione di equilibrio. Può avvenire un tale movimento anche in un corpo unico, allorquando viene a modificarvisi la distribuzione di equilibrio per l'azione, e. g., di qualche corpo elettrizzato che vi si avvicini o che se ne allontani.

In questa maniera di moto del fluido elettrico si trovano aver luogo le leggi seguenti.

1285. Legge 1.ª *La propagazione dell' elettrico si eseguisce mediante un generale smovimento del fluido naturale per lo meno di tutte le molecole superficiali del sistema ove esso elettrico si muove.*

Trovinsi contigui due corpi conduttori *AB*, *CD* (fig. 155), de' quali l'*AB* abbia per un momento l'elettrico soverchiamente accumulato in paragone del *CD*. Comincerà l' elettrico di *AB* a scacciare dalle più vicine molecole di *CD* una porzione di fluido naturale, e a mandarla innanzi verso le molecole successive, e quindi una porzione del fluido di *AB* passerà in *CD* al luogo abbandonato dalla porzione di fluido fuggita. Questa nell'avanzarsi da *C* verso *D* opererà allo stesso modo, cioè spingerà via innanzi a sè una porzione del fluido delle molecole che seguono andando verso *D*, e poi sottentrerà al di lei luogo; e così progressivamente. Di maniera che il fluido trapassato in *CD* non si distribuirà in tutte le parti di quest' ultimo, ma solo in quelle più vicine ad *AB*, essendo fluido già appartenente a *CD* quello che si distribuirà nelle rimanenti. D'altra parte il fluido che abbandona *AB*, proviene dalle sole parti più vicine al punto di contatto *B*, ritraendone queste dalle successive più vicine ad *A*, queste dalle seguenti, ec.

Ciò pel caso che il corpo *AB* sia o il solo o il più fortemente elettrizzato in più, cioè pel caso che il moto nasca da una forza spingente che proceda da *AB*. Quando invece il corpo *AB* sia elettrizzato in meno, e attragga a sè dell' elettrico da *CD*, comincerà esso *AB* ad attrarre del fluido dalle parti di *CD* a lui più vicine, queste ne attrarranno dalle seguenti, e così di seguito. All' entrare poi in *AB* il fluido attratto, quello esistente in sull' entrata si ritirerà in parti più lontane da *CD*, quello esistente in queste si ritirerà a vicenda più verso *A*, e così di mano in

mano. Veggasi quanto abbiam detto su ciò parlando delle scariche de' coibenti armati (§ 1105).

Tutto il fluido naturale della superficie de' due corpi ha parte in questo smovimento; e spesso vi ha parte anche quello delle molecole interne, del che avremo delle prove più innanzi. Non saprei però assicurare se ciò avvenga sempre; nè dire sino a quale profondità sotto la superficie ciò si effettui, e per quanto tratto si smuova dal suo luogo il fluido naturale di ciascuna molecola ne' varii casi particolari.

1286. Legge 2.ª *Ne' buoni conduttori l'elettrico si rimette in equilibrio in un tempo estremamente breve.*

Avendo Monnier elettrizzato un filo di ferro lungo 1319 piedi, vide cessare l'elettricità dall'un de' capi nello stesso istante che egli la fe' cessare dall'altro (1).

In Inghilterra il dottor Watson e diversi altri dotti isolarono sul monte Shooter un filo di ferro ripiegato in varii giri e della lunghezza di 12276 piedi inglesi (11519 piedi francesi, che fanno appena più di 2 miglia italiane), del quale l'un capo era in comunicazione coll'armatura esterna di una boccia di Leida, e l'altro poteva esser fatto comunicare coll'armatura interna. Nel mezzo della lunghezza il filo era interrotto, e i due capi dell'interruzione erano tenuti uno per ciascuna mano da una persona collocata in quella medesima camera ove si scaricava la boccia. Ora scaricata quest'ultima più volte, la persona non trovò sensibile differenza di tempo fra l'istante della scarica e quello della scossa; di maniera che il movimento dell'elettricità si propagò nel filo pel tratto di un miglio in un tempo impercettibile ai sensi (2).

Vanno di gran lunga più innanzi le recenti sperienze di Wheatstone. Isolò egli in una lunga galleria un filo di rame grosso un quinto di pollice e lungo

(1) Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 190.
(2) *Ibid.* p. 202.

mezzo miglio (il tutto a misura inglese), ripiegato innanzi e indietro più volte con ripiegamenti lunghi 120 piedi: vi lasciò una breve interruzione nel mezzo, e ne collocò le due estremità presso due conduttori metallici comunicanti l'uno coll'armatura interna di una boccia di Leida e l'altro coll'armatura esterna. Questa boccia riceveva continuamente elettricità da una macchina, e scaricandosi di tanto in tanto da sè dava origine a tre scintille, due alle estremità del filo metallico e una all'interruzione, le quali scintille, per un'opportuna disposizione dell'apparecchio, erano assai vicine l'una all'altra, e situate tutte e tre in una medesima linea retta, trovandosi quella dell'interruzione in mezzo alle altre due, ed avevano ciascuna la lunghezza di un decimo di pollice (vedi la fig. 156). E siccome guardando queste direttamente, non vi si scopriva sensibile intervallo di tempo, così vi pose dinanzi a un po' di distanza uno specchietto d'acciajo lucido, fatto girare molto velocemente da un opportuno meccanismo, e il quale nel riflettere all'occhio le immagini di cotali scintille mutasse direzione nel piccolo intervallo di tempo che fosse trascorso fra l'una e l'altra, e ne mostrasse spostate le posizioni relative; ed aveva disposte le cose in modo che le scintille scoccassero quando lo specchio era rivolto convenientemente per riflettere le dette immagini verso l'occhio. Ora aumentando successivamente la velocità della rotazione fino ad 800 giri per ogni minuto secondo, riuscì finalmente a render palese un tale spostamento. E siccome la scarica della boccia non era affatto istantanea, ma impiegava un brevissimo tratto di tempo, durante il quale lo specchio faceva una piccola porzione di giro, così le immagini delle scintille in luogo di presentare tre grossi punti lucidi, mostravano tre lineette, le quali nel caso che lo specchio facesse muovere esse immagini da destra a sinistra, erano disposte come queste tre linee $\overline{}\!\!\!\!\!\underline{\overline{}}$, fa-

cendo conoscere che le scintille estreme erano contemporanee, e la media ritardava alcun poco. Il ritardo però, fatti gli opportuni calcoli, si trovò non arrivare a un milionesimo di secondo. Donde si dee concludere che i due disequilibrii dell'elettricità prodotti da addizione d'elettrico all'un capo del filo e da sottrazione all'altro capo, si propagavano dai due capi alla parte media di esso filo con una velocità non minore di quella di 250 mila miglia inglesi per secondo, ossia non minore di quella della luce negli spazii planetarii. La durata delle scintille venne giudicata di circa $\frac{1}{24000}$ di secondo: ma su questa e su quella delle scintille de' conduttori semplici, e su altri risultamenti ottenuti dallo stesso fisico torneremo in altro luogo. Intanto facciamo voti ch'egli prosegua, come ha già promesso, le sue belle sperienze, estendendole a un maggior numero di casi, e portando i risultamenti a maggiore esattezza numerica (*).

Osservazione 1.ª Questa grande prontezza della propagazione dell'elettrico ne' buoni conduttori è molto più facile a spiegarsi mediante uno spostamento successivo del fluido naturale delle varie molecole, che non col mezzo di un effettivo trasporto di una stessa massa d'elettrico per tutta l'estensione del corpo percorso. Abbiamo infatti anche ne' corpi ponderabili molti esempii di una rapidissima propagazione successiva di un movimento; abbiamo la trasmissione del moto in una serie di palle d'avorio, il propagarsi del suono sì ne' fluidi aeriformi che ne' liquidi e ne' solidi, ec. Laddove siam ben lontani dal veder trasportati sì velocemente gli interi corpi, seppure non ricorriamo ai movimenti astronomici.

Osservazione 2.ª Si scorge però dalle sperienze di

(*) *Phil. Trans.*, 1834, Part. II, p. 583 e seg.

Wheatstone che qualche poco di tempo vien pure impiegato dall' elettricità anche camminando per buoni conduttori; il che vedremo confermato nel Cap. XII, dal veder minori gli effetti delle scariche quando debbono passare per lunghi e sottili fili metallici. Ne' cattivi conduttori poi ella impiega un tempo affatto sensibile, come vedremo or ora.

1287. Legge 3.ª *Il tempo impiegato dall' elettrico a rimettersi in equilibrio è tanto più grande*

a) *Quanto più elettrico sovrabbonda o manca in una data capacità;*

b) *Quanto più grande è la capacità ove cresce o manca una data quantità d'elettrico;*

c) *Quanto minore è l'ampiezza trasversale del conduttore attraversato dall'elettricità;*

d) *Quanto maggiore è la lunghezza di esso conduttore;*

e) *Quanto minore è la sua facoltà conduttrice.*

Cominciamo dall'*influenza della quantità d'elettrico*, e poniamo che in un conduttore di data capacità sovrabbondi una quantità d'elettrico come quattro. Distinta questa quantità in quattro parti uguali, ed eseguita la scarica, comincerà ad essere impiegata una certa quantità di tempo nell' uscita della prima parte, verrà impiegata una durata un po' maggiore nell' uscita della seconda parte, si impiegherà una terza durata ancor più grande e una quarta più grande di tutte nell' uscita della terza e dell' ultima parte, crescendo queste durate dall' una all' altra per la successiva diminuzione della forza determinante l' uscita dell' elettrico. Se in vece la quantità dell' elettrico sovrabbondante fosse stata soltanto come 3, o come 2, o come 1, non si sarebbero impiegate che le sole tre ultime di cotali durate di tempo, o le sole ultime due, o l' ultima sola. Donde si scorge che il tempo impiegato a scaricare una quantità d'elettrico sovrabbondante cresce al crescere di questa quantità, ma in ragion minore che tale quantità medesima.

Lo stesso è della scarica d'un conduttore elettrizzato in meno. E non solo ciò s'intende detto de' conduttori semplici, ma eziandio de' coibenti armati, i quali si possono riguardare come conduttori ordinarii di grandissima capacità.

1288. *Influenza della capacità.* Se una data quantità d'elettrico sovrabbondante verrà scaricata prima da una capacità minore e poscia da una maggiore, ella avrà in quest'ultima una minor tensione, sarà sollecitata con minor forza a partirsene, e impiegherà perciò nell'uscita un tempo maggiore. Lo stesso si dica di una carica negativa: quando questa si trovi in una capacità molto grande, il corpo deficiente attrarrà a sè l'elettrico con forza minore, e l'equilibrio avrà bisogno di maggior tempo per ristabilirsi.

1289. *Osservazione 1ª.* Se un coibente armato o un conduttore semplice che abbia maggiore capacità, sarà anche carico di una maggiore quantità d'elettrico, per doppia ragione egli esigerà più tempo ad essere scaricato che non un altro men capace e meno carico. E se la carica del primo sarà tante volte maggiore quante volte è maggiore la capacità, talchè la tensione sia in entrambi la medesima, e se inoltre il cammino percorso dall'elettrico sarà ne' due casi ugualmente resistente, il tempo *sarà in ragione diretta semplice della capacità.* Per esempio, se un conduttore o un coibente armato A avrà una capacità quadrupla di quella di un altro a, e avrà anche una quadrupla carica positiva, la scarica di A esigerà un tempo quattro volte più grande che quella di a.

Ritenendo infatti quest'ultimo esempio, immaginiamo che le cariche di A e di a sieno entrambe distinte in mille parti eguali. Siccome le tensioni iniziali sono eguali, così le forze determinanti l'uscita dell'elettrico saranno in sul principio eguali, ed eguali pure le velocità colle quali l'elettrico comincerà ad uscire; ma le due quantità d'elettrico costituenti le prime due millesime parti che si vogliono togliere da A e da a, stanno fra loro come 4 a 1, dun-

que come 4 a 1 staranno anche i tempi impiegati da esse due parti. Nell'efflusso delle due millesime parti seguenti, le tensioni saranno ancora fra loro uguali, e uguali le velocità dell'uscita dell'elettrico, e i tempi impiegati staranno ancora fra loro in ragione di 4 a 1, essendo però questi rispettivamente più grandi de' due precedenti. Lo stesso avverrà delle altre millesime parti delle due cariche; quelle dell'una considerate separatamente da quelle dell'altra impiegheranno tempi successivamente crescenti, ma i tempi delle parti omologhe staranno sempre come 4 a 1. Di maniera che staranno in questa ragione anche i tempi totali delle due scariche. E ciò vale anche per le scariche de' corpi elettrizzati negativamente.

1290. *Osservazione* 2.ª Da quanto si è qui detto noi possiamo ricavare, che quadruplicando, p. e., la capacità, senza aumentare punto la carica, il tempo della scarica cresce meno che come 1 a 4. In generale, non mutandosi nè la carica nè la via percorsa dall'elettrico, il tempo della scarica varia con legge men rapida che la capacità.

1291. *Osservazione* 3.ª Si dee a Volta la riflessione che la velocità con cui in una scarica viene perduto o acquistato elettrico da un conduttore elettrizzato messo in comunicazione col terreno, è regolata unicamente dalla tensione (1). Sarebbe da ricercare con quale precisa legge varii questa velocità col variare di cotale tensione. Se qui valessero le leggi dell'efflusso de' liquidi, starebbe la prima in ragione delle radici quadrate della seconda; ma il paragone non è in verun modo sicuro. Marianini (2) fece diverse sperienze sulle correnti continue mosse da tensioni tenuissime; ma io non so se i risultamenti sieno applicabili al caso presente. Per questo caso io stimo che si debba assolutamente interrogar la natura con esperienze apposite.

1292. *Influenza dell'ampiezza trasversale del conduttore.* Avendosi più conduttori metallici, tutti, p. e., di forma cilindrica, e della stessa natura chimica, e della stessa lunghezza, ma diversamente grossi, quelli

(1) *Identità* ec., p. 40.
(2) *Saggio di esperienze elettrometriche*, p. 25 e seg.

di maggior grossezza danno un più pronto passaggio a una data quantità d'elettrico dotata di una data tensione. Una batteria, p. e., dell'estensione armata di 40 piedi quadrati e carica a + 40° del Quadrante-Elettrometro fondamentale, verrà scaricata in un tempuscolo, e. g., di un minuto quarto da uno scaricatore lungo un piede e grosso due linee, e in due o tre minuti quarti da uno che sia pur lungo un piede, ma grosso una sola linea.

Nasce però il dubbio se l'attitudine a condurre l'elettrico sia, ad altre circostanze pari, in ragione diretta semplice della sezione trasversale, o in ragione piuttosto del contorno di questa; il qual dubbio è collegato colla questione, se l'elettrico che tragitta pe' conduttori passi soltanto per la loro superficie, ovvero anche per le loro parti interne. Dirò esservi de' casi ne' quali l'attitudine suddetta è piuttosto in ragione del contorno delle sezioni trasversali, preferendo l'elettrico di passare per la sola superficie, e de' casi ove ha piuttosto luogo l'altra legge.

Volta adoperando de' conduttori assai imperfetti, i quali impiegavano un tempo notabile a togliere una porzione anche piccola della carica di una boccia di Leida o in genere di un corpo assai capace per l'elettrico; adoperando, per esempio, carta comune non troppo umida, carta pergamena, avorio, ec., e prendendoli altresì con delle dimensioni trasversali non molto minori delle longitudinali, trovò che in essi l'elettrico trascorreva o totalmente o almeno assai più abbondantemente alla superficie. Infatti cimentandone parecchi simili di natura ed uguali in lunghezza, ma di diversa larghezza e grossezza, toglievano essi in pari tempo e a pari tensione delle quantità d'elettrico che non erano interamente proporzionali alle aree delle sezioni trasversali, ma in una proporzione minore. Per esempio due lastrette parallelepipede egualmente grosse, e larghe come 1 a 3, toglievano delle quantità

d'elettrico non già in ragione di 1 a 3, che sarebbe il rapporto delle sezioni, ma soltanto di 1 a 2 all'incirca. Che se in luogo di triplicare la larghezza si rendeva tripla la grossezza, in questo caso, nel quale assai meno si aumentava la superficie, cresceva bensì alcun poco l'attitudine a togliere elettrico, ma assai meno che colla tripla larghezza (1). I quali risultamenti si accordano assai bene coll'idea che l'elettrico trascorra specialmente alla superficie dei detti conduttori imperfetti. È però da notare che la detta attitudine a trasportare elettrico non cresce di pari passo con essa superficie, ma talora cresce in ragion minore, come, p. e., quando s'accresce la larghezza di un conduttore già assai più largo che grosso; e talora in ragion maggiore, come, p. e., quando nel detto conduttore più largo che grosso si accresce la grossezza. Delle quali cose non mi occupo a indagar la ragione, parendomi ancora troppo incerto quello che si potrebbe dirne.

Altri fisici in vece, facendo uso di conduttori assai migliori e dove le dimensioni trasversali erano di gran lunga minori delle longitudinali, e inoltre sperimentando con tensioni estremamente deboli, trovarono che l'elettrico trascorre per tutta quanta la massa del conduttore, e che perciò l'attitudine a condurre elettrico è proporzionale alla sezione trasversale. Perocchè facendo un fascetto di più fili metallici uguali, e sottomettendo questi a prove che qui non è ancor luogo di citare, trovarono che tanto elettrico tragitta pei fili più interni del fascetto quanto pei più esterni (2). Sarebbe da esaminare se in questa differenza abbia piuttosto parte la diversità della facoltà

(1) Volta, *Collezione delle opere*, t. I, Part. II, p. 449.

(2) Si parlerà di ciò ne' Capitoli destinati all'*Elettricità Voltiana*, quando si esporranno le sperienze relative alla diversa facoltà conduttrice de' varii metalli.

conduttrice, ovvero la diversità della tensione, ovvero anche la diversità del rapporto fra le dimensioni trasversali e le longitudinali.

Ne' casi intermedii fra i detti due estremi è ben naturale che il trascorrimento dell'elettrico dee partecipare de' due modi, in diverso grado secondo le varietà di essi casi.

1293. *Influenza della lunghezza del conduttore.* A pari grossezza e natura chimica, i conduttori lasciano passare tanto più agevolmente l'elettrico quanto più sono corti; cosa ben chiara, incontrandovi l'elettrico tanto minor resistenza. Su di che, per riguardo a' conduttori imperfetti, quali sono la carta comune, la pergamena, l'avorio, ec. ha fatto belle sperienze Volta (1).

Sarebbe assai utile il determinare in qual proporzione questa lunghezza diminuisca la velocità della corrente, potendosene trarre molte importanti conseguenze. Secondo alcune sperienze di Becquerel e di altri, parrebbe che nei fili metallici cotale velocità, almeno nelle tensioni tenuissime, sia in ragione inversa semplice della lunghezza (2): e secondo altre di Barlow, parrebbe ch'ella sia in ragione inversa della radice quadrata della lunghezza stessa (3).

1294. *Influenza della facoltà conduttrice.* Possono più corpi delle stessissime dimensioni, p. e. più fili metallici ugualmente grossi ed ugualmente lunghi, condurre, in pari tempo e a pari tensione, delle quantità d'elettrico diversissime. Questa diversa facilità de' corpi nel prestarsi al passaggio dell'elettrico si chiama, come s' è già detto, *Conducibilità* o *Facoltà conduttrice*; e dipende principalmente dalla natura chimica de' corpi che si cimentano, avendovi però parte anche altre cir-

(1) *Collezione* ec. T. I, Part. II, p. 445.

(2) Gehler's *Physik. Wört. neu bearb.*, art. *Leiter*, p. 146. — Pouillet, *Élémens de Physique*, T. I, Part. II, p. 753 e 755.

(3) Gehler's ec., *ibid.* p. 148.

costanze, p. e. la temperatura e la disposizione delle molecole.

La grandezza della facoltà conduttrice di varii corpi si valuta dalla più o men grande quantità d'elettrico ch'essi possono trasmettere in un dato tempo, a parità di dimensioni e ad altre circostanze pari. Alcuni deducono questa grandezza dall'ampiezza della sezione trasversale necessaria a fili egualmente lunghi, per poter essere egualmente idonei alla trasmissione dell'elettrico, vale a dire per poterne trasmettere uguali quantità in pari tempo; il che va bene in tutti quei casi ne' quali l'elettrico trascorre colla stessa facilità tanto nelle parti interne d'un conduttore quanto nelle esterne. Cavendish in vece la deduce dalla diversa lunghezza necessaria a fili egualmente grossi, affine di essere equivalenti nell'attitudine a trasmettere l'elettrico; e quando egli asserisce che l'acqua pura è 400 milioni di volte meno conduttrice del filo di ferro, e che l'acqua satura di sal comune e l'ordinaria acqua del mare sono rispettivamente 720 volte e 100 volte più conduttrici dell'acqua pura, egli intende di dire che quattro cilindri egualmente grossi, l'uno di fil di ferro lungo 400 milioni di pollici, l'altro di acqua satura di sal comune lungo 720 pollici, il terzo di acqua marina lungo 100 pollici, e il quarto d'acqua pura lungo un solo pollice, si lasciano attraversare dall'elettrico colla stessa facilità (*). Non sapendosi per anche con sicurezza come influisca la lunghezza de' conduttori nella loro attitudine a condurre l'elettrico, io non so dar giudizio se questa maniera di Cavendish s'accordi colle altre due; nè se si debba ammettere che veramente un fil di ferro a pari figura, a pari tensione e in pari tempo, possa condurre 400 milioni di volte più elettrico che l'acqua pura.

1295. *Osservazione* 1.ª La facoltà che ha un corpo

(*) *Phil. Trans.*, anno 1776, p. 198.

di prestarsi più o men facilmente al passaggio dell'elettrico, dipendentemente da tutte le circostanze che vi possono influire, si può appellare l'*attitudine* di esso a *trasmettere l'elettrico*. Questa facoltà si ritiene tante volte maggiore in un conduttore che in un altro, quante volte più elettrico può essere trasmesso dal primo che dal secondo, in pari tempo e a parità di tensione; ed è perciò in generale tanto maggiore quanto più il conduttore è breve, ampio e perfetto. La durata poi di una data scarica è, ad altre circostanze uguali, in ragione inversa di questa attitudine. Quindi è che una boccia di Leida, la quale viene scaricata in un tempuscolo di una brevità inconcepibile da un filo metallico anche lunghissimo, impiega parecchi secondi ad essere scaricata da una carta umida, più minuti primi a esserlo da un legno asciutto, ed ore e giorni interi quando la scarica si dee effettuare col trascorrimento dell'elettricità sull'esterna superficie del collo e colla diffusione della medesima nell'aria (V. a p. 334 e 336).

1296. *Osservazione* 2.ª La direzione rettilinea o curvilinea della via percorsa dall'elettrico nulla influisce sulla resistenza che esso incontra nel suo cammino; del che fece dirette sperienze Priestley con un filo d'ottone, ora piegato in due sole linee rette, ed ora ripiegato molte volte a zig-zag, avendo trovato che in ambi i modi una data quantità d'elettrico fatta passare attraverso poteva fondere uguali lunghezze di un sottil filo di ferro (*).

1297. *Osservazione* 3.ª In un lungo conduttore formato di più parti diversamente grosse, quando la corrente ne riempia ovunque tutta la grossezza, le velocità dell'elettrico corrispondenti a queste parti sono evidentemente in ragione inversa delle sezioni trasversali.

(*) *Phil. Trans.* 1769, p. 64.

1298. Legge 4.ª *Allorquando a una carica elettrica si presentano contemporaneamente parecchie vie per iscaricarla, ella passa per tutte in quantità proporzionali alle loro diverse attitudini a trasmettere l'elettrico.* Infatti tanto nel principio quanto nel progresso della scarica l'elettrico vien sospinto in ciascuno de' conduttori presentati con una medesima tensione, la quale diminuisce per tutti colla medesima legge, e cessa per tutti contemporaneamente; perciò ciascun d'essi riceve e trasmette una porzione di corrente elettrica proporzionale alla detta attitudine (§1295). E ciò vale altresì per le cariche negative.

Per rendere sensibile questa legge con un fatto, si carichi in più o in meno una boccia di Leida, si mettano in comunicazione colla sua esterna armatura un capo di un filo metallico ed una delle mani, e tenendo impugnata coll'altra mano l'altra estremità del filo, si accosti questo al bottone della boccia sino ad ottenere la scarica. Se il filo sarà alquanto grosso e poco lungo, lo sperimentatore non sentirà la minima scossa, giacchè il filo, attesa la somma conducibilità della sostanza, ha un'assai maggiore attitudine a condurre l'elettrico che non le braccia col petto interposto, quantunque questi formino un corpo incomparabilmente più grosso. Si sentirà invece qualche leggiera scossa, se il filo sarà molto lungo e sottile (*).

Per dar ragione di questo fatto in un modo più particolarizzato, supponiamo che il filo metallico di cui si è testè parlato abbia il diametro di mezzo millimetro, la lunghezza di mezzo metro, computata dal capo che tocca l'armatura esterna fino al luogo ove esso filo è abbracciato dalla mano presso l'altra estremità, e una facoltà conduttrice 500 mila volte maggiore di quella della materia del braccio; e poniamo che le due braccia col petto frapposto si possano con-

(*) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 135.

siderare come equivalenti a un cilindro lungo metri 1 $^1/_2$ e del diametro di 60 millimetri. Le attitudini del filo metallico e del sistema delle braccia a trasmettere l'elettrico, supposto vero il principio di Becquerel (§ 1293), staranno come

$$\frac{(^1/_2)^2 . 500000}{500} : \frac{60^2 . 1}{1500},$$

ossia come

$$104\ ^1/_4 : 1.$$

La carica adunque della boccia passerà per $\frac{104}{105}$ dal filo, e per $^1/_{105}$ dalle braccia, e queste ultime avranno la stessa scossa come venendo attraversate dalla scarica d'una boccetta avente $^1/_{105}$ della capacità della boccia in questione e caricata alla tensione medesima. Usando in vece un filo dello stesso metallo, grosso appena un ottavo di millimetro e lungo venti metri, l'attitudine di questo a trasmetter l'elettrico sarebbe minore di quella del precedente in ragione di 1 a 16.40 ossia di 1 a 640, e starebbe a quella delle braccia come

$$\frac{1}{640} : \frac{1}{104\ ^1/_4},$$

cioè come 1 a 6 prossimamente; e in questo caso la scarica passerebbe per $^6/_7$ dalle braccia, e per $^1/_7$ soltanto dal filo.

1299. *Osservazione* 1.ª Essendovi delle differenze enormi nelle attitudini de' diversi conduttori a trasmettere l'elettrico, ne avviene che presentando contemporaneamente più conduttori a ricevere una medesima scarica, questa spesse volte passa quasi in totalità per quello di essi che è migliore. Ciò ha fatto sì che molti fisici dicano che *l'elettricità sceglie per suo cam-*

mino i migliori conduttori, quasi che ella lasci affatto da banda i peggiori; il che a tutto rigore non è vero.

1300. *Osservazione* 2.ª Entro una massa d'acqua assai estesa si introducano da due opposte bande due fili metallici rivestiti sino alle loro estremità di una sostanza isolante, e fra essi facciasi passare una scarica. L'acqua presenterà a questa una infinità di vie, una rettilinea e più corta di tutte, e le altre curvilinee e diversamente lunghe, tutte poi anguste accanto alle estremità de' fili e gradatamente più larghe ne' punti più e più lontani da cotali estremità. Si stabilirà perciò in quell'atto una moltitudine di correnti secondo tutte queste vie, delle quali correnti saranno più rapide quelle vicine alla retta congiungente le estremità de' due fili, e più lente quelle più lontane da questa retta, e in ciascuna la velocità sarà maggiore presso le dette estremità de' fili e gradatamente minore nelle parti intermedie (*). Sarà a suo tempo un bel problema pe' matematici quello di determinare le precise direzioni di queste vie, e le velocità con cui si muove l'elettrico ne' loro diversi punti.

1301. *Osservazione* 3.ª Da questa quarta legge scaturisce un metodo assai buono per determinare i gradi di conducibilità delle varie sostanze; ed è di presentar contemporaneamente parecchie di queste, foggiate similmente, a una medesima fonte d'elettrico, e misurare la quantità di corrente che passa per ciascuna. Ma a misurare questa quantità di corrente si esigono mezzi che io debbo aspettare molto più innanzi ad insegnare; differirò perciò fino ad allora a dare nozioni più precise sui varii gradi di conducibilità di diverse sostanze.

1302. Legge 5.ª *Allorquando l'elettricità passa da un conduttore ad un altro, incontra in questo passaggio una particolar resistenza*, per lo meno allorquando

(*) Cavendish nelle *Phil. Trans.*, 1776, p. 199. — Volta, *Identità* ec., p. 69.

la tensione è molto debole, e l'elettrico passa da un conduttore umido ad uno solido, o viceversa (*). Ciò venne provato con esperienze di cui daremo conto altrove.

Considerazioni generali sulla Facoltà conduttrice de' solidi e de' liquidi.

1303. *Differenza fra la Conducibilità nell'interno de' corpi e quella alla loro superficie.* Si osserva che diverse sostanze coibenti le quali presentano maggiore difficoltà che altre della loro classe a lasciarsi attraversare internamente dal fluido elettrico, si prestano in vece più facilmente che queste ultime a lasciar passare un tale fluido alla loro superficie. Il vetro, p. e., si mostra più coibente della ceralacca, della gommalacca, e in genere delle sostanze resinose in quanto al passaggio attraverso la massa, e lo è meno di queste pel passaggio sulla superficie; il che dipende, per lo meno in gran parte, dall'umidità, la quale favorisce la conducibilità superficiale in un grado indipendente dalla grandezza della conducibilità interna. Qualunque però ne sia la causa, egli segue da ciò potersi distinguere ne' corpi due maniere di conducibilità per l'elettrico, l'una *esterna* o *superficiale*, e l'altra *interna*.

1304. *Della Conducibilità superficiale o esterna.* Ne' corpi coibenti l'elettricità si propaga in generale molto più facilmente alla superficie che non attraverso alla massa. Diverse specie di vetri, le quali nell'interno sono assolutamente impermeabili all'elettricità, se già questa non è fortissima, le lasciano nulladimeno un passaggio alla loro superficie.

Ha in ciò moltissima parte il velo umido che si suol deporre sulla detta superficie e che è più o men

(*) Marianini, *Saggio di esperienze elettrometriche*, p. 40.

grosso secondo la natura del corpo e secondo lo stato dell' atmosfera. Ond' è che corpi anche perfettamente isolanti non sono più atti a isolare se sono stati esposti all' umido, e tornano attissimi a quest' ufficio venendo diseccati al fuoco: possiamo osservar ciò in un cilindro di vetro, in un bastone di ceralacca, ec. Segue altresì da ciò che un piccolo grado di calore diminuisce la conducibilità superficiale, siccome quello che leva l' umidità. Canton osserva che un tubo di vetro strofinato collocato alla distanza di circa due piedi da un buon fuoco può conservare l' elettricità anche per un intero giorno, laddove senza quel fuoco la perde ordinariamente in meno di cinque minuti (1).

Sembra però che, almeno in alcuni casi, l'elettrico non cammini soltanto lungo il velo umido aderente ai detti coibenti, ma percorra eziandio le più esterne molecole di questi, osservandosi che le scintille trascorrenti sulla superficie del vetro intaccano questo alcun poco (2).

1305. Nella propagazione superficiale dell' elettrico influisce altresì assai la tensione, essendo in molti corpi impedita questa propagazione alle piccole tensioni e permessa alle forti. Coulomb trovò che i corpi fortemente elettrizzati portati da sostegni isolanti perdono elettricità e pel contatto dell' aria e lungo questi sostegni; che però la perdita per questa seconda cagione s' impiccolisce rapidamente collo scemare della tensione, sinchè dopo un certo punto cessa del tutto (3).

1306. L' attitudine de' coibenti a impedire il passaggio dell' elettricità alla loro superficie dipende moltissimo dalle loro dimensioni. Un lungo cilindro di ceralacca toglie affatto il passaggio anche a un' elet-

(1) Priestley, *Histoire* ec. T. I, pag. 376. — *Phil. Trans.* T. XLVIII, Part. II, p. 784.
(2) Priestley, *ibid.* T. II, p. 98.
(3) *Atti dell' Accad. di Parigi* pel 1785, pag. 627.

tricità forte, laddove uno corto non ne può trattenere che una debole. E precisamente, secondo Coulomb, una quadrupla lunghezza è atta, a parità d'altre circostanze, a trattenere una tensione doppia, una lunghezza nonupla può trattenerne una tripla (1). Ella è poi cosa ben ovvia che una maggiore lunghezza del coibente debba impedire più efficacemente il trascorrimento superficiale dell' elettrico.

Anche la grossezza v' influisce, potendo un sostegno isolare tanto più facilmente quanto più è sottile. Di qui è che per isolatori giova usar corpi lunghi e sottili; sempre chè però la troppa sottiglieza non faccia troppo condensare l' elettricità nella parte del coibente contigua al corpo elettrizzato, e non ne agevoli con ciò il disperdimento nell' aria, come può avvenire, per es., ne' sottili fili di seta, i quali si sono trovati men buoni del vetro a trattenere le elettricità fortissime (2).

1307. Varia questa conducibilità superficiale secondo la particolare natura del corpo, e, come abbiamo già detto, non ha relazione colla conducibilità attraverso la massa.

È stato osservato che i vetri recenti, cioè ritirati di fresco dalla fornace, hanno la superficie assai imperfettamente coibente, tanto i pezzi di vetro bianco, quanto quelli di flintglass, sì essendo lisci come smerigliati; i quali pezzi perciò (nel supposto che non vengano verniciati) sono inetti per qualche tempo a elettrizzarsi collo strofinamento e a servire nelle sperienze ad uso di quadri frankliniani o di bocce (3). Diventano essi qualche poco migliori a questi usi coll' essere adoperati agli usi stessi, ma è un vantaggio di breve durata; e servono alquanto meglio essendo ri-

(1) *Atti dell'Accad. di Parigi*, 1785, p. 632.

(2) Van Marum, *Descrizione della macchina di Teyler*, p. 62.

(3) Riguardo al vetro verde v' hanno de' dispareri. V. Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 115; e Priestley, *Histoire* ec., t. I, p. 223.

cotti. Ciò che li può rendere durevolmente buoni, è il tempo di alcuni mesi e il molto uso nelle anzidette sperienze: ma tornano a deteriorare venendo scaldati sino a rammollirsi (1). Nelle quali particolarità tutte è ovvio lo scorgere, se non altro, una grande analogia con una proprietà del vetro, fattaci conoscere da Bellani, cioè che la disposizione delle sue molecole si sconcerta per un forte calore, e lentamente si ricompone se si lascia il vetro a sè (2).

1308. È da riferirsi a questa conducibilità superficiale la diversa attitudine che hanno i corpi idioelettrici a conservare l'elettricità acquistata, allorquando si trovano in contatto di corpi conduttori non isolati.

Haüy, il quale ha fatto molte osservazioni su questo argomento nei minerali, dà a questa attitudine il nome di *Facoltà conservatrice dell'elettricità*; e ne distingue tre diversi gradi, il *massimo*, il *medio*, il *minimo*, secondo il vario modo con che i corpi elettrizzati si comportano in contatto co' conduttori.

Dà egli il grado massimo a quei corpi i quali elettrizzati collo strofinamento, o in qualche altro modo, non perdono al primo contatto con de' corpi conduttori se non che una quantità minima della loro elettricità, e continuando in questo contatto non si diselettrizzano che lentissimamente. Tal è il *topazio incoloro*: elettrizzato e messo a contatto con uno de' capi dell' asta orizzontale dell' elettroscopio isolato di esso Haüy (§ 857), esso non respinge punto quest' asta, ma continua a tenersela attaccata, manifestando di non averle comunicata quantità sensibile della sua elettricità; e dopo allontanato il minerale, non mostra essa asta attrazione veruna con altri corpi non elettrizzati che le si avvicinino. E se questo minerale, dopo elettrizzato, si pone su qualche lamina metallica non isolata, esso dà segni elettrici per molte ore ed anche per qual-

(1) Volendo su ciò nozioni più circostanziate, veggasi l'*Elettricismo artificiale* di Beccaria, p. 113 e seg., ove si riportano le molte sperienze fatte a questo riguardo da esso Beccaria e da Priestley. Veggasi anche l'*Histoire* ec. di quest' ultimo, t. I, p. 363; t. III, p. 256 e seg.

(2) Veggasi il secondo volume del presente Corso di Fisica, p. 225 e seg.

che giorno. Una lamina di topazio incoloro del Brasile ne diede per sei giorni interi, però in un tempo ben secco. E ciò deriva evidentemente dalla difficoltà che incontra l'elettrico a scorrere sulla superficie del minerale per portarsi nel luogo del contatto e di qui passare al conduttore. In questa classe è altresì da collocare il cristallo d'Islanda, il quale in una prova fatta da Haüy conservò tracce di elettricità per undici giorni, però similmente in un tempo favorevole. E questo cristallo mostra tale facoltà anche in tempi umidissimi. Anzi ne venne immerso uno nell'acqua, senza che perdesse gran fatto dell'elettricità statagli prima comunicata; però era uscito quasi asciutto, non essendovi rimasta aderente che una sola goccia nella parte stata estratta l'ultima. Parrebbe da ciò che questa grande facoltà conservatrice dipenda dall'avere i corpi ov'ella si manifesta, assai poca affinità coll'acqua.

Il grado medio si ha in que' corpi i quali perdono bensì nel primo toccamento una quantità notabile dell'elettricità che avevano acquistato, ma conservano la quantità rimanente per molto tempo. Tali sono l'ambra gialla, la ceralacca, la gommalacca. Queste, se dopo elettrizzate si mettono in contatto coll'elettroscopio isolato già citato, lo respingono immediatamente; ma però ne' tempi favorevoli si mantengono elettrizzate per più ore. Io stimerei che questi corpi abbiano la facoltà di conservare l'elettricità soltanto al di sotto di un certo grado di accumulamento (§ 1305).

Il grado minimo finalmente è quello de' corpi i quali non solo perdono una notabile quantità d'elettrico al primo contatto, ma altresì perdono prontamente la quantità residua. Così fanno il quarzo e il diamante (*).

1309. *Della Conducibilità interna.* Sonovi alcuni corpi i quali non si lasciano attraversare dall'elettrico, se non quando la tensione arriva ad una certa forza. Il vetro che alle temperature ordinarie non lascia minimamente passare le deboli cariche elettriche, si lascia invece attraversare da quelle forti, però

(*) Haüy, *Traité de Physique*, 1821, t. I, pag. 431 e seg.

in generale spezzandosi (§ 854). Lo stesso dev'essere certamente di diverse altre sostanze solide. La resistenza perciò che questi corpi presentano al passaggio dell'elettricità pare che operi in modo somigliante all'attrito fra i corpi solidi, il quale impedisce interamente l'effetto delle piccole forze, e non fa che indebolire quello delle grandi.

Altri corpi in vece rallentano semplicemente il passaggio dell'elettricità senza mai impedirlo del tutto, anche nel caso che la tensione sia debolissima (per quanto almeno può riconoscersi cogli attuali elettrometri e condensatori); e perciò essi oppongono una resistenza simile alla *Resistenza de' mezzi* della comune meccanica. Così fanno i metalli, così fa l'acqua tanto pura quanto mista di altre sostanze.

1310. Mi pare che a questo fatto si potrebbe appoggiare la distinzione fra i corpi *conduttori* e gli *isolanti*. Io chiamerei *conduttori* quelli ne' quali l'elettrico *può bensì trovare qualche ostacolo al suo movimento, ma non già essere impedito di poter alla fine conseguire il vero stato di equilibrio*; e i quali perciò sono atti a scaricare compiutamente e in un tempo finito qualunque carica sebbene di debolissima tensione. E fra essi direi *buoni* conduttori quelli che dopo un tempo anche brevissimo non lasciano più disequilibrio sensibile; *cattivi* quelli che per non lasciar sensibile disequilibrio hanno bisogno di un tempo da noi misurabile, ben s'intende che sieno usati con delle dimensioni quali siamo soliti ad adoperare nelle nostre sperienze; e tanto *più cattivi* li direi quanto più, a parità d'altre circostanze, quel tempo fosse lungo.

Chiamerei in vece *isolanti* quei corpi i quali lasciano sussistere un qualche disequilibrio; e li direi tanto *migliori* isolanti quanto più forte tensione potessero trattenere, a pari dimensioni.

1311. *Metodi per determinare la facoltà conduttrice de' varii corpi.* Ne' corpi che si adoperano per le spe-

rienze elettriche la conducibilità superficiale e la interna si trovano insieme associate, e fra tutte e due concorrono a formare la vera e totale facoltà conduttrice del corpo. Ora questa si può misurare in varie maniere, alcune grossolane ed approssimative, ed altre esatte. Io esporrò alcune delle prime, lasciando le altre ad altro tempo, siccome quelle che sono fondate su dottrine non ancora spiegate. Si può dunque determinare questa facoltà:

1.° *Col residuo delle scariche.* Scaricando una boccia di Leida con un pezzo di legno, con una corda di canape, con una lista di cuojo, ec., rimane indietro un residuo *sensibile* più o meno grande, secondo che il corpo è più o meno isolante (*). Non serve questo metodo che pe' corpi isolanti, giacchè, come abbiam detto, i veri conduttori non lasciano di questa specie di residuo. Si può con esso metodo riconoscere come influisca l'umidità a rendere i corpi diversamente coibenti. Ben s'intende poi che questi, per essere paragonati, debbono sempre usarsi di uguali dimensioni.

2.° *Col residuo lasciato al conduttore d'una macchina in moto,* toccando questo conduttore col corpo che si vuol cimentare, e ritenendosi questo corpo in mano da una persona non isolata. Il residuo si può riconoscere da un elettrometro annesso al detto conduttore, od anche dalla lunghezza delle scintille che questo conduttore può dare ai corpi avvicinati. È però chiaro che per tutti i corpi la macchina dev' essere sempre la medesima, sempre egualmente attiva, sempre mossa colla stessa velocità.

3.° *Colla scossa.* Serve questa a distinguere gli ottimi dai mediocri conduttori. Si faccia che la scarica di una boccia di Leida passi contemporaneamente attraverso al nostro corpo e a qualche altro conduttore: se quest'ultimo avrà un'attitudine a condurre l'elettrico

(*) Priestley, *Histoire* ec. T. III, p. 225.

uguale a quella del corpo nostro, la scarica incontrerà una resistenza doppia di quando essa dovesse attraversare soltanto il detto nostro corpo, potendosi trascurare quella picoolissima che dipende dalle parti metalliche; si troverà perciò corrispondentemente diminuita la velocità della corrente, e diminuita in parte la scossa, la quale però riuscirà ancora assai sensibile: più sensibile ancora ella riuscirà se il secondo corpo avrà maggiore attitudine a condurre l'elettrico che non il corpo nostro; ma se sarà il contrario, la scossa sarà più leggiera ed anche insensibile. Manca, per es., la scossa quando la scarica è trasmessa da una cordicella bagnata d'acqua, o da un filo d'acqua più sottile d'una linea e lungo parecchi pollici, o da un pezzo di ghiaccio (*), quantunque questi si debbano tutti riporre fra i veri conduttori.

Per applicare questo principio, si potrebbe caricare sempre ad uno stesso grado una data boccia, e scaricarla attraverso al corpo nostro e insieme attraverso all'uno o all'altro de' corpi da cimentarsi, ridotti tutti a una medesima forma: con che si verrebbe grossolanamente a sapere quali sieno più conduttori e quali meno. Si potrebbe anche variare la carica della boccia, per ottenerne una scossa sempre uguale, e desumere la facoltà conduttrice dalla grandezza della carica, giacchè la prima sarebbe tanto maggiore quanto minore fosse la seconda.

Però la miglior maniera è quella di tenere costante la carica della boccia e la grossezza del conduttore che si cimenta, e variare la lunghezza di questo in modo da averne una scossa di forza costante, e desumere la facoltà conduttrice da questa lunghezza. Così opera il sig. Munck af Rosenschöld. Polverizza egli i corpi che vuol sottomettere a prova, e gli introduce ben secchi in un tubo di vetro del diametro di linee 1 $^1/_4$, in-

(*) Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 310, 381 e 395.

viluppato ad una estremità con della foglia di piombo che tocchi perfettamente quelle polveri, e nel quale dall'altra estremità entri un fil di ferro grosso $^3/_5$ di linea e comunicante esso pure colle dette polveri, badando che queste non abbiano veruna interruzione. Fatto comunicare un tal filo coll'armatura esterna di una boccia di Leida, pone la foglia di piombo in buona comunicazione con una lastra di rame ch'ei tocca colla punta bagnata dell'indice della mano sinistra, e colla destra pur bagnata stringe un corpo metallico col quale scarica la boccia (fig. 157). Eseguisce diverse di queste scariche, caricando sempre la boccia a uno stesso grado, e diminuendo gradatamente la lunghezza del cilindro di polvere coll'introdurre più e più il filo, sino a che incomincia a sentire la scossa nella suddetta punta dell'indice; e quanto più lungo può tenere il cilindro, tanto più conduttrice ritiene la polvere. La boccia ch'ei soleva adoperare era d'un vetro alquanto grosso, avente un'estensione armata di 184 pollici quadrati; e scaricata attraverso al solo corpo dell'osservatore, col toccarne direttamente l'armatura esterna mediante la detta punta bagnata, cominciava a farvi sentire la scossa a soli 2° o 3° di un suo elettrometro a pagliette. E nelle diverse prove colle polveri egli la caricava a 25° di cotale elettrometro.

Questo metodo si può applicare con buon esito anche ai liquidi, introducendoli nel tubo di vetro in vece delle polveri (*).

Altri mezzi vi sono per determinare grossolanamente la facoltà conduttrice de' corpi: tali sono la *vivacità* e lo *strepito della scintilla*, e il *riscaldamento* prodotto dal passaggio dell'elettricità; di che parleremo nei Capi X e XII. Altri mezzi più accurati li vedremo, come si è detto, più innanzi, quando tratteremo dell'Elettricità Voltiana, in un supplimento che ivi daremo alle presenti dottrine sulla facoltà conduttrice.

(*) Poggendorff's *Annalen*, 1825, N.° 3, p. 437 e seg.

1312. *Delle circostanze che possono influire sulla facoltà conduttrice di un medesimo corpo.* Aggiungeremo qui qualche cosa a quanto ci fu d'uopo premettere su questo argomento fin dal principio del presente volume (§ 852 e seg.).

Noi possiamo ridurre queste circostanze alle seguenti:

1.° *L'umidità*, la quale o deponendosi semplicemente sulla superficie de' corpi, come fa sul vetro, sulla ceralacca, ec., o internandosi altresì nel loro tessuto, come fa nei legni, sempre ne diminuisce la facoltà isolante, e talvolta li fa divenire buoni conduttori, specialmente se ella tiene sciolte delle sostanze saline. I vegetabili verdi e i corpi animali viventi debbono la loro facoltà conduttrice all'acqua di che sono naturalmente imbevuti, tanto più che quest'acqua non è pura, ma contiene appunto sciolte diverse sostanze saline.

1313. 2.° *Il calore.* In genere un corpo è tanto più conduttore quanto più è caldo. Il ghiaccio a — 20° R è sì isolante, che Achard, facendone girare un pezzo sferoidico e strofinandolo, potè ottenerne elettricità: a — 6° R è un cattivo conduttore; e vicino a zero può dirsi un vero conduttore come l'acqua (1). Il vetro alla temperatura dell'acqua bollente si lascia già attraversare dall'elettrico con qualche facilità (2). E il medesimo arroventato, come pure la ceralacca, la cera comune, la gommalacca, l'ambra, lo zolfo fatti fondere, sono conduttori in guisa da scaricare eccellentemente una boccia di Leida. L'olio di trementina a — 8° R fu da Achard trovato coibente, e bollente riuscì ottimo conduttore. Il legno scaldato nel forno, quantunque privo di umidità, pure se viene

(1) Gehler's *Physik. Wört. neu bearb.*, art. *Leiter*, p. 191. — Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 395; T. III, p. 232.
(2) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 119.

adoperato ancor caldo è conduttore, e scarica interamente, ma però senza strepito, una boccia di Leida, al pari di un legno umido (1). Si è però già avvertito che un calore debole rende indirettamente meno conduttori i corpi diseccandoli.

Ne' metalli esso calore produce effetti contrarii; li rende cioè meno conduttori; di che vedremo le prove in altro luogo.

1314. 3.° *Il precedente passaggio dell'elettricità.* Allorquando una forte corrente elettrica riesce ad aprirsi il passaggio attraverso a un corpo coibente, essa dispone le molecole di questo a lasciar continuare il passaggio anche dopo che essa corrente è divenuta assai meno forte. Caricando più e più un coibente armato, arriva finalmente l'elettrico a superare le resistenze che si oppongono all'espansione della carica sulla parte non armata dell'esterna superficie del vetro; e allora passa tutta quanta la carica, e si ha la scarica spontanea. Succede lo stesso dell'aria, quando è attraversata dalla scintilla (§ 1105 e 1121); anzi io non saprei ben decidere, se alla scarica spontanea de' coibenti armati si prestino maggiormente le molecole dell'aria ovvero quelle del vetro.

Osserva il sig. Munck af Rosenschöld, che diverse sostanze solide dopo percorse da una forte scarica si mostrano assai più conduttrici di prima. Così fece una mescolanza di zolfo e di sulfuro nero di mercurio fatti fondere e poscia solidificare insieme; così dello stagno ridotto in fina polvere. Il che nasce probabilmente dal ridursi a migliore contatto le parti conduttrici. Vi sono però anche delle sostanze le quali per mezzo delle forti scariche si rendono meno conduttrici. Tal è fra le altre l'amalgama di Kienmayer ridotta in polvere e calcata entro un tubo di vetro (2).

(1) Gehler's *Physik. Wörterb.* ec., art. *Leiter*, p. 152 e 153.
(2) Poggendorff's *Annalen*, 1835, N.° 3, p. 450, 451, 452,

Segue da tutto ciò, 1.° che un medesimo corpo può in certi casi esser ritenuto come isolante e in certi casi come conduttore; isolante alle tensioni deboli nelle quali l'elettrico non può vincere la resistenza che si oppone al suo passaggio; e conduttore alle forti, nelle quali questa resistenza non solo viene superata, ma anche moltissimo diminuita: 2.° che in alcuni corpi conduttori la facoltà conduttrice può essere diversa, secondo che vi trascorre una debole o una forte elettricità.

1315. 4.° *Diverse altre circostanze* possono far variare la facoltà conduttrice, senza che intervenga nessun cangiamento nella natura chimica. Fra queste è la densità, e in genere la disposizione delle molecole. Il carbone reso più denso mediante un forte calore, è più conduttore di quello che è naturalmente (1). E il carburo di ferro o *grafite* che nella facoltà conduttrice supera d'assai il carbone comune, e sta per riguardo a questa assai presso ai metalli, pare che debba una tale sua proprietà non solo al poco ferro che contiene, ma anche alla sua densità (2). È noto che il diamante è isolante, laddove il carbone è conduttore. Il cinabro o sulfuro rosso di mercurio è isolante, e il sulfuro nero del medesimo, del quale si crede simile la composizione chimica, è conduttore (3). E io tengo per certo che un pezzo di legno, a parità d'altre circostanze, sia più atto a condurre l'elettricità nella direzione longitudinale che nella trasversale.

455 e 456. — L'amalgama di Kienmayer, assai adoperata pe' cuscinetti delle macchine elettriche, è formata di una parte di stagno, una di zinco e due di mercurio. Gehler's *Physik. Wörterb.* ec., art. *Amalgama*, p. 287.

(1) Gehler's *Physik. Wört.* ec. art. *Leiter*, p. 172.

(2) *Ibid.*

(3) Munck af Rosenschöld, negli Annali di Poggendorff pel 1835, N.° 3, p. 438.

Considerazioni particolari sulla Conducibilità delle varie specie di corpi.

1316. Cominceremo dai conduttori, poi verremo agli isolanti.

Metalli. Sono essi conduttori eccellentissimi e migliori di gran lunga di tutti gli altri. Però nol sono tutti in egual grado, come vedremo in luogo più opportuno.

1317. *Minerali metallici* di diverse sorte, cioè una gran parte de' sulfuri e alcuni degli ossidi; i quali minerali vengono subito dopo i metalli nell'ordine della facoltà conduttrice. Tali sono i sulfuri di ferro, di rame, di piombo, d'argento, di stagno, ed altri; non però tutti, giacchè que' d'arsenico, di zinco e di mercurio sono invece isolanti. Fra gli ossidi citeremo il ferro ossidato e l'ossidulato. Altri ossidi sono in vece isolanti (1). Il sig. Munck osserva che di questi ossidi e sulfuri sono in generale isolanti quelli di color rosso, p. e. il cinabro e il minio, e conduttori que' di color nero, p. e. il sulfuro nero di mercurio e il perossido nero di piombo (2).

1318. *Carbone e corpi carbonosi.* Dopo i metalli e i minerali metallici citati, sono questi le sostanze più conduttrici. E ciò vale tanto pel carbone di legna, quanto per quello fossile. Non però tutte le specie sono egualmente conduttrici; e in generale il sono senza paragone meno de' metalli. Davy trovò che un pezzo ben carbonizzato e ben denso di carbone di bosso, largo pollici 0,3, grosso 0,1 e lungo 1,2, conduceva l'elettrico come un filo di platino del diametro di $^1/_{220}$ di pollice e lungo 6 pollici (3); dal che, se veramente l'attitudine a condurre elettrico è in ragione diretta della sezione trasversale e inversa della lunghezza, si trae che quella specie di carbone era 9000 volte meno

(1) Haüy, *Minéralogie*, t. I, p. 255.
(2) Poggendorff's *Annalen*, 1835, N.° 5, p. 46.
(3) Gehler's *Physik. Wörterb.*, art. *Leiter*, p. 172: dal quale articolo si sono tratte molte altre delle presenti osservazioni.

conduttrice del platino. La fuliggine è pochissimo conduttrice: quella del carbon fossile scaricò la boccia di Leida assai lentamente e lasciando grande residuo. E un pezzo lucente di quella di legno parve affatto isolante (1). La grafite o piombaggine è in vece, come s'è detto poc'anzi, assai conduttrice, avvicinandosi molto ai metalli. L'antracite è similmente assai conduttrice.

1319. *Acqua.* È anche questa un vero conduttore, e in grandi masse è un conduttore ottimo; ma in sottili e lunghi fili non conduce più la scossa (p. 526), in conseguenza dell'essere ella molto men conduttrice delle parti del corpo umano vivente.

L'acqua è molto più conduttrice quando è impura, e specialmente se vi si trovano sciolte delle sostanze acide, o saline, o alcaline; nel che è cosa meravigliosa il vedere come queste sostanze, le quali in istato di perfetta secchezza non sono conduttrici, miste coll'acqua le danno una facoltà conduttrice ch'esse non hanno; e simili a queste sono in ciò l'iodio, il bromo e il cloro (2). Abbiamo già veduto che l'acqua satura di sal comune, secondo Cavendish, è 720 volte più conduttrice dell'acqua distillata, e che quella contenente un trentesimo di questo sale e quella del mare sono 100 volte più conduttrici della medesima acqua distillata (§ 1295). Quando son molto concentrate, le dette soluzioni sono eziandio molto conduttrici; ma oltre a un certo punto di concentrazione, parecchie tornano a diminuire di conducibilità (3). Sui varii gradi di conducibilità delle varie soluzioni saline torneremo a parlare in uno de' Capitoli dell' Elettricità Voltiana.

All'acqua contenuta si dee attribuire la facoltà conduttrice di tutti i corpi che non contengono metalli o sostanze carbonose: i quali corpi sono tanto più conduttori quanta più acqua vi si trova, e s'intende di acqua igroscopica o sensibile, non già d'acqua chimicamente combinata o di

(1) Priestley, *Histoire* ec., t. III, p. 226 e 227.

(2) Gehler's *Physik. Wörterb.*, art. *Leiter*, p. 172. — Volta, *Identità* ec., p. 85. — *Bibl. Univ.* Mai et Juin 1836, p. 161.

(3) Matteucci, *Bibl. Univ. Sciences et Arts*, Janvier 1835, p. 149 e seg.

cristallizzazione; giacchè i sali secchi che ne contengono soltanto in quest' ultimo stato sono isolanti (1).

1320. *Sostanze animali umide.* Tutte le parti liquide de' corpi animali sono conduttrici e assai più dell' acqua: il che si dee attribuire ai diversi sali contenutivi, quali sono il sal comune, il carbonato di soda, il solfato di soda. Le parti molli e le solide, p. e. i tendini, le cartilagini, le ossa, i muscoli, ec., il sono soltanto a cagione e in proporzione degli umori che contengono. Infatti le ossa ben secche sono cattivi conduttori, checchè ne abbiano opinato alcuni, e calcinate divengono perfino coibenti; ed anche le altre parti animali ridotte ben secche mancano quasi affatto di conducibilità (2).

1321. *Sostanze vegetali umide.* I liquidi vegetali acquei sono più conduttori dell' acqua pura, ma meno de' liquidi animali: i liquidi resinosi ed oleosi sono in vece isolanti. Le foglie, le corteccie, i fiori, ec., se sono verdi, sono conduttori anch' essi più dell' acqua, ma meno delle parti degli animali; se secchi, non sono più conduttori. I legni sono conduttori più o meno, secondo la più o meno umidità loro; e secondo che contengono meno o più di sostanze resinose, le quali diminuiscono la facoltà conduttrice. E si assicura che il fulmine colpisce più volentieri le quercie che gli abeti e i faggi (3). Possiamo poi notare nella conducibilità del legno una moltitudine di cangiamenti, secondo le operazioni a cui viene sottoposto: verde è conduttore, secco da sè è discreto isolante, scaldato nel forno e adoperato caldo è conduttore, appena perduto questo calore è ottimo isolante, carbonizzato torna ottimo conduttore; e la sostanza che il compone in quest' ultimo stato, se è purissima e cristallizzata, come è nel diamante, è un ottimo isolante.

Passiamo ora ai corpi isolanti.

1322. *Vetri e sostanze vitree.* I vetri d' ogni specie sì artificiali che naturali, quindi altresì le gemme, le pietre dure, e in genere tutti quei minerali che in durezza, in tras-

(1) Gehler's *Physik. Wörterb*, art. *Leiter*, p. 188.
(2) *Ibid*, p. 180.
(3) *Ibid.*

parenza, in lucentezza e in composizione si assomigliano al vetro (i silicati, i silicô-alluminati e i fluorati de' diversi ossidi metallici), appartengono agli isolanti.

Il vetro comune è per lo più un ottimo isolante; del che possiamo arrecare la prova più volte citata delle bolle di Canton, e la conservazione per molti mesi della carica elettrica ne' tubi chiusi (p. 293 e 301). Attesa però la facilità con cui attrae l'umido alla sua superficie, egli suol isolare men bene della seta, delle resine e di altre materie (p. 519).

Vi sono poi molte diversità fra le varie specie di vetri, essendovene di quelli che si lasciano attraversare più o meno dall'elettricità. Sembra in genere che quelle qualità, nella cui fusione è stata adoperata una maggiore quantità di alcali, acquistino col tempo qualche conducibilità, quantunque ne' primi tempi dopo usciti dalla fornace sienosi mostrati ottimi isolanti: al certo per una maggiore affinità coll'umidità atmosferica. (V. altre cose sul vetro a' § 1307 e 1313).

1323. *Ossidi metallici.* La maggior parte sono isolanti, ben inteso che sieno secchissimi. Tali sono tutte le terre e gli alcali. Tali sono pure gli idrati degli ossidi.

1324. *Pietre.* Secche sono in generale isolanti, però con parecchie eccezioni. Osserva Haüy che in generale vi è una grande corrispondenza fra la loro facoltà isolante e la loro trasparenza e mancanza di colore; talchè que' pezzi cristallizzati che sono diafani e scolorati, sono eziandio isolanti; mentre i pezzi, similmente cristallizzati e appartenenti a minerali della stessa specie, ma aventi qualche difetto di trasparenza o qualche colore particolare, in conseguenza o di irregolare tessuto cristallino o di qualche sostanza straniera frammista, sono anche imperfettamente isolanti (*). Questa influenza del colore appare eziandio dalla già citata osservazione di Munck sugli ossidi e sulfuri metallici rossi e neri (§ 1317); ed è sicuramente indizio di qualche stretta relazione fra l'elettricità e la luce.

Osserva lo stesso Haüy che la facoltà conduttrice può anche variare per lo stato della superficie, essendo la lucentezza superficiale favorevole alla facoltà isolante, e la

(*) *Minéralogie*, ediz. 1822, t. I, p. 247, 251 e seg.

ruvidezza favorevole alla conducibilità. Il quarzo e il topazio allo stato di cristalli limpidi sono isolanti, in pezzi rotondati dal rotolamento e ruvidi sono conduttori (o piuttosto cattivi isolanti), ma riacquistano la facoltà isolante venendo lavorati e restituiti alla primiera lucentezza. Osserva egli altresì che lo stato superficiale, quando è favorevole alla facoltà isolante, è eziandio favorevole all'acquisto dell'elettricità positiva mediante lo sfregamento, mentre nel caso opposto è favorevole all'acquisto dell'elettricità negativa.

1325. *Sali.* Secchissimi sono tutti isolanti, anche contenendo dell'acqua di cristallizzazione. Però la facilità con cui attraggono l'umidità dall'aria fa che nello stato ordinario sieno piuttosto imperfetti conduttori. Priestley trovò più conduttori degli altri l'allume, il salgemma, il sale ammoniaco; alquanto meno di questi il salnitro (*).

1326. *Combustibili semplici non metallici*, cioè zolfo, fosforo, selenio, boro, silicio, cloro, iodio, bromo. Questi sono tutti isolanti; anzi l'essere isolanti è uno de' caratteri che li distingue dai combustibili semplici metallici. Il cloro secco ridotto liquido mediante la pressione fu da Faraday trovato isolante, per lo meno alle deboli tensioni elettriche. Tali ha trovato De La Rive essere l'iodio e il bromo ben secchi: umidi sono conduttori, e sciolti nell'acqua ne accrescono la facoltà conduttrice (p. 532).

Il diamante è compreso anch'esso in questa serie, essendo un distintissimo isolante. È però singolare l'eccezione del carbone, dovuta forse a sostanze straniere frammiste e fors' anche al solo modo di aggregazione delle molecole.

1327. *Combustibili minerali.* Per la maggior parte essi debbono riporsi fra i migliori isolanti. Tali sono l'ambra gialla, l'asfalto, il gagate, il mellite, e per nominarli una seconda volta, lo zolfo e il diamante. La nafta e il petrolio, benchè liquidi, sono anch'essi isolanti.

Si debbono eccettuare la piombaggine, l'antracite, e molte specie di carbon fossile, che sono conduttori.

1328. *Diversi prodotti vegetali.* Sono isolanti tutte le sostanze resinose: la gommalacca, la trementina, la pece

(*) *Histoire* ec. T. III, p. 246.

greca, la colofonia, la ceralacca, ec.: le quali hanno anche il vantaggio di non attirar facilmente l'umidità atmosferica.

Sono altresì isolanti lo zucchero, la gomma arabica ben secca, i sali e gli acidi vegetali secchi, p. e. il tartaro delle botti, ec. Così il legno, le corteccie, il cotone, sempre ben secchi: nello stato ordinario però sono alquanto conduttori.

I fili di lino e di canape, le tele, la carta comune ritengono più tenacemente l'umidità atmosferica, e quindi nello stato ordinario sono imperfetti conduttori: seccati artificialmente si riducono anch'essi isolanti.

Gli *olii grassi* vegetali sono isolanti, però più o meno secondo le diverse specie. Tiene un grado distinto per riguardo a questa qualità l'olio d'olivo, la cui purezza, secondo M. Rousseau, può essere appunto riconosciuta dal grado della sua facoltà isolante, giacchè mescendovi altri olii, subito questa facoltà diminuisce (*).

L'etere è anch'esso isolante. Non così lo spirito di vino. il quale anche allo stato di alcool assoluto è un discreto conduttore, assai vicino all'acqua pura.

1329. *Diversi prodotti animali.* Le sostanze animali molli fatte seccare quanto è mai possibile sono isolanti, quantunque nel loro originario stato naturale sieno in vece eccellenti conduttori (§ 1320).

Sono ottimi isolanti tutti i rivestimenti secchi degli animali, cioè i peli, le pellicce d'ogni specie, le piume, i fili che involgono le crisalidi degli insetti, e specialmente la seta e tutte le stoffe che con essa si fabbricano.

Le sostanze animali grasse sono pure isolanti alla guisa degli olii vegetali: così il sego, lo spermaceti, ec.

1330. *Il Ghiaccio* freddissimo abbiam già detto che è un buon coibente, mentre presso a 0° è conduttore.

Dell'aria e delle altre sostanze aeriformi, che anch'esse sono isolanti, parleremo diffusamente nell'articolo seguente.

(*) Gehler's *Physik. Wört. neu bearb.*, art. *Leiter*, p. 190. — Pouillet, *Élémens de Phys.*, T. I, Part. II, p. 672. — *Ann. de Chim. et de Phys.* T. XXV, p. 373 e 376.

Della propagazione dell'Elettricità nell'aria e nel vacuo.

1331. *Come si comporti l'elettricità nell'abbandonare i corpi elettrizzati per diffondersi nell'aria.* Un corpo elettrizzato in più o in meno, ancorchè portato da ottimi isolanti, perde nulladimeno a poco a poco la sua elettricità pel semplice contatto dell'aria che gli sta contigua. Quando la tensione è forte, e specialmente quando il corpo ha altresì delle prominenze puntute, questa perdita si fa rapidamente, ed è accompagnata da sibilo e da una luce visibile nell'oscurità; in caso diverso ella avviene lentamente, e senza strepito nè luce.

Sulla dispersione lenta ed oscura dell'elettricità fece diverse sperienze Coulomb colla sua bilancia di torsione (*). Osservava egli con questa, come andasse decrescendo di minuto in minuto la ripulsione fra due corpi similmente elettrizzati contenuti dentro la campana di vetro, dal che era poi facile il dedurre altresì la diminuzione della carica de' due corpi. Ecco i risultamenti generali da lui ottenuti.

1332. *Primo.* Dentro i limiti delle sue sperienze, e stando costanti le circostanze atmosferiche, e specialmente quella dell'umidità, esso Coulomb trovò che le perdite di elettricità che fa in eguali tempi un dato corpo, elettrizzato, p. e., in più, sono in ragione diretta semplice delle tensioni. Donde segue che questo corpo, al crescere del tempo in ragione aritmetica, scema di carica in ragione geometrica. Se in un minuto primo perde $^1/_{80}$ della sua carica, in un altro minuto primo perde $^1/_{80}$ della parte che ancora conserva, e così di

(*) *Memorie dell'Accad. di Parigi*, 1785, p. 612 e seg.

di seguito; di maniera che crescendo i tempi come 1, 2, 3, ec., le cariche scemano come

$$\frac{79}{80},\ \left(\frac{79}{80}\right)^2,\ \left(\frac{79}{80}\right)^3,\ \text{ec.}$$

Sembra però da alcune sperienze di Cavallo che nelle cariche debolissime avvengano perdite assai minori di quelle date da cotal legge, talchè le ultime dosi di elettricità durino un tempo lunghissimo (1). Al che s'accorda il vedere che i coibenti elettrizzati ed asciutti, lasciati in un luogo tranquillo e ristretto, conservano l'elettricità loro assai lungamente. Da un pezzo, p. e., di ceralacca si ha ancora segno di elettricità il giorno appresso. Possiamo qui richiamare il fatto osservato da Haüy, cioè che un cristallo d'Islanda, in tempo ben secco, si mantenne elettrizzato per 11 giorni (p. 523). Dice Musschenbroek (2) che de' pezzi di ceralacca, di zolfo, di colofonia, tenuti in panni di lana asciutti entro vasi di vetro, si mostrarono elettrizzati anche dopo 10 mesi: però la sperienza sarebbe da rifarsi, potendo que' corpi aver ricevuta l'elettricità nel levarli dai panni ove erano involti. Quello che è certo, si è che la stiacciata di un elettroforo, coperta dal suo scudo e tenuta in luogo asciutto, conserva per molti mesi parte dell'elettricità comunicatale, quantunque vi stia continuamente a contatto la lamina d'aria interposta.

1333. *Secondo*. Se a più corpi ottimamente isolati, di diverse grandezze e figure, si comunicano uguali cariche non troppo forti, questi corpi ne perdono tutti, in egual tempo e nelle stesse circostanze atmosferiche, delle uguali porzioni; per esempio tutti $^1/_{80}$ in un minuto, o tutti $^1/_{60}$, ec. Nelle cariche forti però i corpi angolosi soffrono in sino a certo punto delle perdite

(1) *Phil. Trans.*, 1788, p. 20. — Gehler's *Physik. Wörterb. neu bearb.*, art. *Duplicator*, p. 678.

(2) *Intr. ad Phil. Nat.* § 851.

maggiori. La predetta corrispondenza ha luogo anche fra corpi d'assai diversa natura chimica, anche quando alcuni sieno conduttori e gli altri isolanti. Quando però i corpi sono conduttori, io trovo necessario che oltre al non avere angoli, sieno essi tenuti in aria netta da pulviscoli; giacchè deponendovisi qualche pelo che faccia da punta, tutta l'elettricità accorre a quel luogo e si dissipa; il che non può avvenire se il corpo è isolante.

1334. *Terzo.* La perdita di elettricità pel contatto dell'aria dipende moltissimo dall'umidità di questa. Ciò si può scorgere dalla seguente breve tavola contenente i risultamenti di diverse sperienze del detto Coulomb, nelle quali egli si era assicurato che la perdita non proveniva punto da imperfetto isolamento per parte de' sostegni. L'ultima colonna, parendomi utile, l'ho aggiunta io.

Gradi dell'igrometro di Saussure	Temperature	Perdita di forza ripulsiva durante un minuto primo	Diminuzione della quantità d'elettrico in un minuto p.
69°	15°,5 R	1/60	1/120
75°	15,5	1/41	1/82
80°	15,75	1/29	1/58
87°	15,75	1/14	1/28 (*)

1335. Il sig. Munck af Rosenschöld, già superior-

(*) Quando il secco dell'aria cresceva fino a un certo punto e poi si manteneva, Coulomb trovava che la perdita di elettricità continuava ad impiccolirsi per alcun tempo anche dopo che il secco aveva cessato di crescere; e in vece ei la vedeva crescere ancora dopo che l'umido aveva già cessato di aumentarsi; di maniera che lo stato dell'aria pareva cangiarsi più lentamente riguardo all'elettricità che riguardo all'igrometro. Io attribuirei ciò alla lentezza colla quale l'interno spazio della campana di vetro dell'apparecchio di Coulomb si metteva in equilibrio igrometrico coll'atmosfera. V. *Mémoires de l'Académie*, 1785, pag. 626.

mente nominato, trova che quest' influenza dell'umidità dell'aria in molti casi appar maggiore, per le seguenti circostanze:

a) Per l'accresciuta facoltà conduttrice di certi isolatori. La seta, p. e., la quale ne' tempi asciutti è ottima per isolare, diventa pessima a quest' ufficio nelle stagioni umide. Si elettrizzi in fatti in un tempo umido un conduttore metallico, isolato su d' una colonnetta di vetro inverniciata e stata scaldata; lo si tocchi quindi con de' fili di seta, e dopo un dato breve tempo se ne tragga una scintilla: si troverà questa di gran lunga più piccola che facendo la sperienza senza que' fili. Ed egli stima che sia ben poca l'elettricità che sfugge trasmettendosi per tutta la lunghezza di ciascun filo, ma che il più della perdita avvenga per una dispersione dai piccoli e acuti filamenti o sfilacciature che si trovano sulla superficie del filo, e che dall'umidità dell'aria vengono resi conduttori. Lo stesso e ancor più dee dirsi de' fili di canape (1).

b) Pei finissimi fili che galleggiano nell'aria a modo di polvere e che si depongono a guisa di punte sui corpi elettrizzati: questi fili essendo d'origine organica diventano tanto più conduttori e tanto più atti alla dispersione dell'elettricità quanto più l'aria è umida (2).

Tolte queste cause, stima esso Munck che l'aria anche umida non si lasci attraversare dall' elettrico che con molta difficoltà (3).

Ed anch'io assento a questa conclusione. Perocchè avendo caricato una boccia di Leida a 15° di un mio elettrometro a pagliette, ed avendo fatto passare una colonna di vapore acqueo visibile fra le estremità affacciate di due fili metallici comunicanti colle due armature, scorsero più minuti primi pria che la tensione

(1) Poggendorff's *Annalen*, anno 1834, t. XXXI, pag. 439 e 442.
(2) *Ibid.* p. 455.
(3) *Ibid.* p. 461 e 462.

diminuisse di una visibile frazione di grado. Rammento anche il fatto notissimo che ne' tempi di bassa nebbia l'atmosfera mostra una sensibilissima elettricità positiva, la quale non potrebbe conservarsi se gli infimi strati d'aria fossero assai conduttori. Ed anche il vapore acqueo puro fu trovato isolante per la debolissima elettricità della pila di Volta (1).

Da tutto ciò pare che se Priestley scaricava in pochi secondi una boccia tuffandola nell'aria umida (2), ciò derivasse da un velo d'umidità che prontamente si deponeva sulla esterna superficie del collo.

Sarebbero però da estendere le sperienze sopraddette anche alle tensioni più forti, e ai casi in cui il vapore emana attualmente dai corpi elettrizzati o da quelli che lor sono contigui. E in genere sarebbe ancora da studiare assai su tutto quello che riguarda la comunicazione dell'elettricità all'aria.

1336. *Quarto.* A pari indicazioni dell'igrometro, l'elettricità si dissipa tanto più prontamente nell'aria quanto più l'atmosfera è calda. Il che Coulomb non sa decidere se provenga dalla maggiore quantità di acqua che a pari indicazioni dell'igrometro sta sparsa nell'aria più calda, o se v'abbia parte anche il solo calore. Ma che questo influisca indipendentemente dall'umidità, n'abbiamo assai prove. Nollet trova che scaldato un ferro sino a divenir bianco e a gettar scintille tutto all'intorno, e accostandovi quindi alla distanza di cinque o sei pollici un tubo di vetro elettrizzato, in soli due o tre secondi quest'ultimo perde affatto la sua elettricità (3); il che mostra che l'aria d'intorno al ferro vien da esso resa più atta a ricevere la di lui elettricità indotta per trasportarla quindi al vetro. Quest'azione del ferro diminuisce assai anche prima ch'esso divenga oscuro, e cessa affatto avanti ch'egli sia freddo.

(1) Gehler's *Physik. Wörterb.*, art. *Leiter*, p. 191.
(2) Priestley, *Histoire* ec. T. III, p. 216.
(3) *Ibid.* T. I, p. 229.

Secondo Harris un tale effetto del calore nasce dal venir da questo dilatata l'aria (*).

1337. *Quinto.* L'aria nel togliere elettricità ai corpi è assai ajutata dall'agitazione. Alzato lentamente lo scudo elettrizzato di un elettroforo, e dopo un minuto primo portato in vicinanza d'un elettrometro a pagliette, il farà divergere, p. e., di 15°; se in vece, dopo alzato, lo si porta in giro per la camera, e dopo trascorso lo stesso tempo lo si porta alla stessa distanza dall'elettrometro, si ha un'indicazione molto minore: la quale differenza nasce evidentemente dall'esser assai diversa la quantità d'aria che viene a contatto dello scudo nelle due prove.

Alla quiete perciò dell'aria io stimo che si debba per molta parte attribuire la lunga conservazione dell'elettricità osservata da Haüy nel cristallo d'Islanda e nel topazio incoloro (§ 1308), e probabilmente quella di cui parla Musschenbroek, e quella altresì del mastice dell'elettroforo coperto dallo scudo (§ 1332). Però in quest'ultimo io credo che contribuisca assai il non potersi più deporre polvere o peli dopo deposte le poche particelle esistenti nell'aria interposta.

1338. *Sesto.* Un altro fatto, che io credo di essere stato il primo ad avvertire, si è che nell'aria comune l'elettricità negativa si dissipa più prontamente che la positiva.

Avendo caricato in più un elettrometro a quadrante munito del suo conduttore e sostegno isolante, fino a + 25° circa, e avendo misurato il tempo ch'esso impiegava a scendere da 20° a 10°, ho trovato 10'. 2" per medio risultamento di tre prove. L'ho caricato in meno, e a scendere similmente da — 20° a — 10°, impiegò 4'. 30". Feci in quel giorno altre otto prove, caricando lo strumento alternativamente in più e in meno, ed esso richiese sempre più tempo quando era

(*) *Phil. Trans.*, 1834, Part. II, p. 230.

caricato in più. La disposizione dello strumento era sempre la medesima; le circostanze atmosferiche erano le stesse per tutte e due le spècie di prove, essendosi queste ultime fatte, come s'è detto, alternativamente e a piccoli intervalli di tempo. Ebbi nulladimeno delle differenze sì fra le varie prove fatte coll'elettricità positiva, come anche fra quelle fatte colla negativa, dipendentemente o da peli galleggianti nell'aria ed accorsi talvolta sullo strumento, o da diversa agitazione dell'aria stessa, o da resistenze accidentali incontrate dalle pagliette dell'elettrometro, ec.; ma queste differenze non arrivarono mai al segno che la dispersione della carica positiva divenisse sì pronta come quella della negativa. Ecco per maggiore chiarezza i diversi risultamenti ottenutisi:

Da $+20^\circ$ a $+10^\circ$...10'.2"; 11'.0"; 10'.15"; 12'.15"; 9'.15"... medio 10'.33";
Da -20° a -10° . . . 4'.30"; 6'.45"; 4'.55"; 4'.45"; 3'.55" medio 4'.58";

dove i medii stanno come 2,12 : 1 (1).

Essendomisi fatto riflettere che in ciò poteva aver avuto parte lo stato elettrico dell'aria, abitualmente positivo, rifeci le sperienze elettrizzando l'aria della camera ora in più ed ora in meno; ma sempre l'elettricità negativa si dissipò più prontamente (2).

Si esporranno più innanzi altre sperienze analoghe alle precedenti, relative però alla dispersione rapida delle due elettricità; e più innanzi ancora, parlando dell'Elettricità Voltiana, si citeranno alcune sperienze somiglianti fatte da Erman e da altri fisici con corpi diversi dall'aria comune e alle tensioni tenuissime.

1339. *Settimo.* L'ultima circostanza che si ritiene aver influenza sull'attitudine dell'aria a ricevere elettricità dai corpi, è la sua diversa densità; ammetten-

(1) *Biblioteca Italiana*, t. LXXXI, p. 189.
(2) *Ibid.*, t. LXXXV, p. 406; t. LXXXVI, p. 276.

dosi dai fisici che quest' attitudine sia tanto maggiore quanto più l'aria è rara.

Beccaria toglieva gradatamente l'aria a un recipiente d'una macchina pneumatica, il qual recipiente era superiormente attraversato da una bacchetta metallica scendente sino alla distanza di sei pollici dalla vite forata del piatto della macchina, essendo questa bacchetta tenuta in comunicazione col conduttore positivo di una macchina elettrica; e alle diverse densità dell'aria faceva lavorar quest' ultima, ed osservava quale carica poteva trattenersi nel conduttore, prima che dalla menzionata bacchetta sprizzasse l' elettricità. Trovò che mentre l' aria era ancora densa potevano conservarvisi delle forti cariche, ma che ad aria gradatamente più rara, vi rimanevano cariche successivamente minori; e per ultimo, ad aria rarissima non si vedeva più nell' elettrometro il minimo segno, e non si poteva più trarre dal conduttore la più piccola scintilla, dissipandosi l' elettricità dalla detta verghetta facilissimamente (*).

È però da osservare che in queste sperienze si trattava della diffusione rapida e luminosa. Sarebbe da vedere, con esperienze analoghe a quelle di Coulomb, se la rarezza dell'aria ajuti anche la dissipazione lenta ed oscura.

1340. *Propagazione dell'elettricità nel voto.* Il voto barometrico comune, cioè non ottenuto con estrema diligenza, è un conduttore assai buono. E se ne fa una prova col doppio barometro immaginato da Cavendish (fig. 158). È questo formato alla guisa di due barometri, le cui superiori camere vacue sono in vicendevole comunicazione per mezzo di una porzione di tubo arcuata. Si mette il mercurio di una delle vaschette in comunicazione col terreno, e il mercurio dell'altra si fa comunicare col bottone di una boccia di Leida; e questa si scarica prontissimamente e in-

(*) *Elettricismo artificiale*, p. 221.

teramente, quantunque la colonna del voto sia lunga parecchi pollici ed anche qualche piede; e quest' ultima risplende tutta di una viva luce, in ispecie accanto alle colonne del mercurio. E se il circuito vien compiuto dal corpo di una persona, questa ne riceve la scossa.

Sembra però che anche in siffatto voto barometrico l'elettrico incontri qualche piccola resistenza; perocchè il Beccaria (1) scoprì una leggiera agitazione in alcuni fili d'amianto introdottivi, se dava una scintilla all'esterno della camera barometrica, mentre il mercurio era tenuto in comunicazione col suolo; e Davy trovò che due leggieri pendolini pendenti dalla sommità di una tale camera si respingevano l'un l'altro dopo elettrizzati; però su questa ripulsione è da vedere più sotto al § 1343.

1341. Per riguardo al *voto perfetto*, i fisici non sono ancora pienamente d'accordo, se esso sia conduttore o no dell'elettricità. Molti il tengono per ottimo conduttore. Essi immaginano che l'impedimento che l'elettrico sovrabbondante in un corpo incontra ad abbandonar questo per diffondersi nell'aria (e si dee intendere della diffusione rapida o luminosa) nasca soltanto dalla pressione di questo fluido la quale egli debba vincere; e credono perciò ch'esso elettrico abbandoni i corpi più o men facilmente secondo che è minore o maggiore la densità e la pressione di essa aria; e che mancando questa, ogni impedimento debba cessare. Esporrò più innanzi le mie difficoltà su questa pressione dell'aria (V. al § 1352); mi limiterò qui a dire, che non essendo ancora nota la vera essenza dell'elettricità, e potendo questa fors'anche non essere che una semplice affezione dell'altra materia (§ 862), noi non possiamo arguire le sue proprietà che dalle sperienze. Ora molte di queste fatte con grande diligenza pajono concludere che il voto perfettissimo non sia un mezzo atto al passaggio dell'elettricità, o, per dirlo in termini più brevi, non sia conduttore,

(1) *Elettricismo artificiale*, p. 383.

1342. Il primo che venne condotto a questa conclusione, fu Walsh. Assistito da De Luc, costrusse egli un grande doppio barometro alla foggia di quello di Cavendish, cominciando dapprima a riempirlo di mercurio, con diligenza sì, ma senza farlo bollire; e comunicata dell'elettricità all'una delle colonne del mercurio, se ne cavarono dall'altra delle scintille, e l'elettricità attraversò lo spazio voto interposto alle due colonne con una luce violetta. Avendovi dipoi fatto bollire il mercurio con molta diligenza, l'elettricità cessò affatto di passare, come se la parte arcuata e vota dello strumento fosse stata di vetro solido, nè in questa si ebbe più luce (1).

De Luc nel citare questa sperienza aggiunge la seguente circostanza. Mentre l'arco voto dello strumento non dava passaggio all'elettrico, se si poneva un dito all'esterno del tubo corrispondentemente alla sommità della colonna elettrizzata, vedevasi sopra il mercurio comparire della luce; continuando ad elevare il dito lungo il tubo, questa luce si estendeva; e allorquando si era innalzato esso dito fin verso la sommità del sifone, precipitavasi istantaneamente un torrente luminoso nell'altro ramo. Allora anche il secondo barometro si trovava elettrizzato, e l'arco del sifone continuava a dar luce ogni volta che si cavavano scintille dal secondo pozzetto. Cessando per qualche tempo dall'elettrizzare il primo barometro, e scaricando inoltre ambedue i pozzetti, il vacuo tornava isolante, e dovevasi rinnovare lo stesso movimento del dito per far passare il torrente luminoso nel secondo ramo del sifone (2). Nasceva ella questa luce da elettrico che camminasse da molecola in molecola sulla superficie interna del vetro, venendo attirato dal dito applicato esternamente ed elettrizzato contrariamente per induzione, il quale elettrico cominciato a passare facilitasse

(1) Questa sperienza venne pubblicata nel 1774 dal dottor Priestley, nel T. I delle *Sperienze sulle diverse specie d'aria*, Part. II, sez. VIII. Si trova citata anche da De Luc nelle sue *Idées sur la Météorologie*, T. I, Part. II, Cap. III, sez. XIII, pag. 520 dell'ediz. parigina del 1787. La cita anche il Gehler's *Wört.* all'art. *Leiter*, pag. 181, sbagliando però nel citare le Transazioni Filosofiche.

(2) De Luc, *Idées* ec., p. 521.

la via ad altro elettrico consecutivo? O nasceva ella piuttosto da elettrico trasmesso da un tenuissimo vapore di mercurio e attirato dal dito medesimo, il qual vapore dopo dato un primo passaggio all'elettrico continuasse a lasciarsi attraversare da esso?

Cotale facoltà isolante venne comprovata anche da William Morgan con un barometro semplice avente la sommità della camera vota rivestita esternamente di foglia di stagno (1). Quando il mercurio non era stato bollito o lo era stato poco diligentemente, la detta sommità potevasi caricare alla guisa di una boccia di Leida, col mezzo dell'elettricità comunicata esternamente da una macchina elettrica e di quella che abbandonava l'interna superficie attraversando il vacuo sotto forma luminosa; ma essa sommità non si poteva caricar più quando il mercurio era stato ben bollito. Osserva Morgan che accadendo di formarsi nel tubo bollito qualche sottilissima fessura da cui penetrasse l'aria, lo spazio interno cominciava a lasciar passare l'elettrico con una luce d'un bel color verde; quindi, crescendo l'aria, il passaggio diveniva gradatamente più facile, e la luce elettrica si faceva turchina e poscia violetta. Avverte che è cosa un po' difficile il procurare un buon voto Torricelliano, e dice d'averne imparato il miglior metodo dal signor Brook, il quale era giunto anch'egli alla medesima conclusione riguardo alla conducibilità del voto.

Erman si procurò una canna da barometro terminata superiormente in una bolla larga un pollice, nella quale penetrava un filo di platino saldato al vetro. Avendo riempiuta di mercurio la canna alla maniera comune, però con ogni diligenza, e isolato il pozzetto e fatto comunicar questo con un delicato elettrometro, mostrava quest'ultimo una sensibile divergenza allorquando il filo di platino veniva toccato coll'un de' poli di una *pila di Volta* avente l'altro polo in comunicazione col terreno. Ma quando il mercurio venne fatto bollire con tutta la possibile diligenza, non ebbe più luogo verun passaggio di elettricità (2).

1343. Le più recenti sperienze su questo particolare sono

(1) *Phil. Trans.*, 1785, p. 272.
(2) Gehler's *Physik. Wört.* ec. art. *Leiter*, p. 182.

quelle di Humphry Davy inserite nelle Transazioni Filosofiche pel 1822 (1). Prese egli un tubo da barometro curvato ad angolo, e alla maniera di Erman fe' passare dalla estremità chiusa un filo di platino e ve lo saldò esattamente. Quindi vi bollì con grande diligenza del mercurio, al quale poi faceva abbandonare la detta estremità chiusa e lasciare ivi un vacuo, coll'estrarre l'aria dal braccio aperto per mezzo di una macchina pneumatica; con che otteneva un apparecchio simile a quello indicato dalla fig. 159, ove *R* indica una chiavetta per tenere esclusa l'aria dopo fatta lavorare la macchina pneumatica. Provandò dopo ciò a far passare l'elettricità dentro a questo spazio, egli vi osservò una luce, più languida bensì d'assai che in un'aria rarefatta, più languida, p. e., che nello spazio *CR*, ma però tale ancora da riuscir visibile nell'oscurità; e questa luce aveva un color verde, il quale col lasciar entrare una piccola quantità di aria passava all'azzurro e quindi al violetto (2), come aveva già notato Morgan. Così questo voto era alquanto conduttore. Però alle temperature inferiori a 200° F (+ 93° 1/3 C) gli parve assai meno conduttore che un'aria grandemente rarefatta (3). E questa sua scarsezza di conducibilità era provata dalla divergenza di due sottili fili di platino terminati con pallettine pendenti dal filo principale introdotto nel tubo (4), come pure dal non potersi, se il tubo era freddo, scaricare istantaneamente per esso vacuo una boccia di Leida leggiermente carica (3): questa però lentamente si scaricava, e se era carica assai, il faceva anche istantaneamente. La luce elettrica che appariva nel suddetto vano barometrico era tanto più debole quanto più bassa era la temperatura; era cioè assai viva quando il tubo era molto caldo, e a — 20° F (— 28° 8/9 C) ella non era visibile che in una grande oscurità (5), la quale differenza sembra che dipendesse dalla diversa densità del vapore di mercurio. Però fra + 20° F e — 20° F (fra — 6° 2/3 C e — 28° 8/9 C) non mostrava sensibile divario (3).

(1) *Phil. Trans.*, 1822, p. 64 e seg.
(2) *Ibid.* pag. 68.
(3) *Ibid.* pag. 71.
(4) *Ibid.* pag. 69.
(5) *Ibid.* pag. 67.

Io credo però che in queste sperienze di Davy la camera barometrica non fosse perfettamente priva di aria, giacchè confessa egli medesimo che lasciandola occupare dal mercurio vi rimaneva talvolta un piccolo spazietto circolare libero da questo liquido; e ciò anche in certi casi ove non si poteva attribuirlo a capillarità o a renitenza del mercurio all' entrare in cavità sottilissime (1). Io attribuirei dunque a quest' aria il passaggio dell' elettricità e la luce elettrica che Davy aveva alle basse temperature, opinando poi secolui che alle temperature elevate vi avesse altresì assai parte il vapore di mercurio.

Al mercurio sostituì Davy dello stagno fatto fondere nel tubo di vetro, e lasciatovelo solidificare dopo ottenuto uno spazio vano all' estremità chiusa; ed ebbe i medesimi fenomeni come col mercurio, salvo che il calore non potè far aumentare sensibilmente la vivezza della luce. Però in questa seconda maniera di sperimentare, dubita anche Davy che vi rimanesse qualche atomo di sostanza aeriforme (2).

1344. Da tutto ciò pare potersi concludere che l'aria colla successiva rarefazione si renda gradatamente più conduttrice; ma divenendo rarissima torni di nuovo a perdere di questa facoltà sino a divenire da ultimo un conduttore assai cattivo; e tolta affatto, senza che in quello spazio rimanga altra materia, lasci un vano del tutto impermeabile all' elettricità, per lo meno quando la tensione sia debole, come provò Erman, o allorquando esso vano sia assai esteso, come provò Walsh. Dal che, come ben nota il Pianciani (3), verrebbero distrutte tre opinioni che hanno avuto illustri seguaci: 1.ª che il voto perfetto sia un buon conduttore dell' elettrico; 2.ª che le attrazioni e le ripulsioni elettriche sieno dovute alla presenza dell' aria; 3.ª che l' elettrico sia ritenuto alla superficie de' corpi dalla pressione dell' aria stessa.

De' fenomeni luminosi prodotti dall' elettricità nell' aria rarefatta torneremo a parlare nel Capitolo seguente.

(1) *Phil. Trans.* 1822, pag. 66, lin. ult.
(2) *Ibid.* pag. 73 e 74.
(3) *Istituzioni Fisico-Chimiche*, Tom. III, p. 50.

1345. *Come si comporti l'Elettricità entrando nell'aria dopo abbandonati i corpi elettrizzati.* Abbiam già detto parecchie cose su ciò al § 997 e seguenti. Torneremo a richiamarle con alcune aggiunte.

Abbiam veduto al § 1000 che l'aria che circonda i corpi elettrizzati riceve tanto più facilmente la loro elettricità quanto più è umida; e abbiam detto che ve la possiam diffondere o per mezzo di punte metalliche annesse ai conduttori delle macchine, o per mezzo della fiamma di una candela isolata, il cui lucignolo comunichi con un conduttore di una macchina o coll'interno di una boccia carica e non isolata. E abbiamo altresì esposti e spiegati i fenomeni che presentano i corpi collocati in un'aria elettrizzata. Aggiungeremo ora che Beccaria ottenne altresì la detta diffusione coll'incenso o col mezzo di una colipila (1). E aggiungeremo inoltre che quando l'elettricità viene data dai conduttori delle macchine, va l'aria elettrizzandosi gradatamente dalle distanze minori alle maggiori. Dopo cioè un breve lavoro della macchina, l'aria non si trova elettrizzata che alla distanza di pochi piedi; in vece dopo un lavoro di dieci o quindici minuti si trova elettrizzata in tutta una vasta camera (2).

Si è detto al § 1000 che la conservazione di questa elettricità è in ragione della secchezza dell'aria, prestamente perdendosi ne' tempi umidi, e in vece in stagione sécca, quando la camera sia ampia e non molto ingombra di mobili, mantenendosi sensibile oltre a quattro ore.

Immaginò Beccaria la bella sperienza seguente. Si elettrizzi, dic'egli, l'aria di una camera a vôlta (3); si collochi assai alto in essa camera una bottiglia piena di acqua fredda e isolata su di un lungo bastoncello

(1) *Elettricismo artificiale*, p. 373 e 377.
(2) *Ibid.* pag. 376.
(3) *Elettricità terrestre atmosferica a ciel sereno*, § 1148.

di vetro intonacato di ceralacca, del quale si badi di conservare l'isolamento con panni caldi: due delicati fili appesi ad essa daranno segni di elettricità depositatavi dal vapore acqueo che vi si va condensando alla superficie.

Opina esso Beccaria, come s'è già accennato al § 1000, che l'elettricità comunicatasi o ad arte all'aria di una camera, o naturalmente all'aria di un luogo libero, sia unicamente inerente alle molecole de' vapori acquei in essa aria disseminati, e per nessuna guisa alle molecole proprie dell'aria medesima. Parrebbe a me che sieno bensì cotali vapori quelli che specialmente posseggono siffatta elettricità, ma stimo possibilissimo che questa possa comunicarsi anche alla vera aria secca per mezzo del fiocco o della stelletta o di un metallo rovente.

1346. *Comunicazione dell'elettricità ai fluidi aeriformi differenti dall'aria.* In generale tutti i gas, quando non siano riscaldati nè rarefatti per mezzo della macchina pneumatica, sono isolanti alla guisa dell'aria; non però tutti egualmente, sembrando che in generale i più densi sieno più isolanti degli altri. E forse si dee attribuire a questa differenza di facoltà isolante il fatto che una macchina elettrica posta in un recipiente chiuso è più energica quando questo è ripieno di ossigeno puro, che non quando è pieno di puro idrogeno, ovvero di gas idrogeno carburato, senza che, per dar ragione di questo fatto, si debba ricorrere a un' ossidazione dell'amalgama (1).

Del vapore acqueo si è già parlato a p. 539 e seg. I diversi fumi sono meno isolanti dell'aria asciutta. Però secondo Nollet il fumo delle sostanze resinose, p. e. della gommalacca, della trementina, dello zolfo, ec., è assai più isolante di quello del legno, de' pannilini, dell'acqua e delle sostanze grasse (2).

(1) Gehler's *Wört.*, art. *Leiter*, p. 191.
(2) Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 149, 228, 389.

Beccaria servivasi del fumo di colofonia per imitare, secondo le sue idee, alcuni de' fenomeni delle nuvole. Postosi su di un isolatore ed elettrizzatosi negativamente, stendeva una mano sopra il fumo che si alzava da un cucchiajo ripieno di carboni accesi e comunicante col conduttore positivo della macchina elettrica, sul quale cucchiajo spandeva della colofonia trita; e il fumo si avanzava ad involgergli la mano e il braccio (1).

1347. La *Fiamma* dell'olio, del sego, dei legni, dell'alcool, e in genere di tutti i combustibili d'origine vegetale, è assai conduttrice. Se alla fiamma di una candela si avvicina lateralmente un tubo di vetro strofinato o altro corpo elettrizzato, essa si turba e toglie rapidamente l'elettricità al corpo (2): il che nasce dallo spostarsi il fluido naturale di essa fiamma, dall'esser respinta la di lei parte posteriore che è elettrizzata similmente, e attratta l'anteriore elettrizzata contrariamente, e dal venire quest' ultima invisibilmente sino al contatto del corpo a distruggerne la elettricità.

Questa fiamma però non è da riporsi fra i conduttori ottimi, come sono i metalli, e nemmeno fra i buoni, come sono i liquidi salini e l'acqua, bensì fra quelli imperfetti, quali sono i legni e le pelli alquanto umide ma non molto. Di maniera che non vi può passare la scossa delle bocce e delle batterie, quando la carica di queste è soltanto di 20, di 30 o anche di 35 gradi dell'elettrometro a pagliette di Volta. Però impiegando il tempo necessario, vi passano anche le deboli elettricità; e al di sopra di 30 o di 35 dei detti gradi vi passa anche la scossa (3).

Una siffatta facoltà conduttrice della fiamma pare doyuta in parte al vapore acqueo contenutovi, ma as-

(1) *Lettere sull'Elettricismo*, § 358.
(2) Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 149 e 230.
(3) Volta, *Collezione* ec. T. II, Part. II, p. 203. — *Identità del fluido elettrico* ec., p. 61 e 62.

sai più al calore di tutte le sostanze aeriformi che entrano a comporla.

Quando parleremo dell'elettricità Voltiana, vedremo esservi alcune fiamme le quali si lasciano attraversare dall'elettricità più agevolmente in una direzione che in un'altra.

Applicazioni e sperienze singolari.

1348. *Applicazione all'Igrometro.* Heller immaginò di trar partito dalla proprietà che ha l'umidità di facilitare il passaggio all'elettrico, per determinare almeno grossolanamente il grado di umidità dell'aria.

Prendeva egli un conduttore di ottone orizzontale isolato, con appesi all'una delle estremità due fili conduttori portanti due pallette di midollo di sambuco; il qual conduttore d'ottone egli il toccava nel mezzo con una canna di vetro strofinata, lasciandovela a contatto per alcun tempo, e quindi ritirandola. Se l'aria era secchissima, vedevansi nel toccamento allontanarsi le pallette l'una dall'altra, starsene lontane per tutto il tempo che durava il contatto, e tornare quindi ad unirsi col ritogliere il vetro. Se l'aria era un po' umida, si aveva all'istante del contatto la medesima divergenza, ma questa dopo qualche tempo cessava, attesa la dispersione dell'elettricità attuata, la quale in parte era trasportata via dall'aria e parte sfuggiva dal sostegno; allontanato poscia il vetro, si aveva una seconda divergenza prodotta dall'elettricità negativa indotta. Però, tenendo sempre uguale la durata del contatto, quando l'aria non era molto umida, avevasi piccola la seconda divergenza. Cresceva poi questa all'aumentarsi dell'umidità sino a un certo punto; ma facendosi l'aria umidissima, tornava essa divergenza a mostrarsi minore e inoltre di brevissima durata (*).

1349. Più perfetto e più compiuto è il metodo immaginato al medesimo oggetto da Volta. Propose questi di pigliare una listerella d'avorio o d'osso di balena o di carta pergamena o fatta colla parte cornea d'una penna da scri-

(*) Gehler's *Physik. Wörterb.* ec., art. *Elektricität*, p. 307.

vere, e di misurare il tempo ch'ella impiega a scaricare un elettrometro a pagliette dalla tensione, p. e., di dieci gradi sino a quella di due gradi, il qual tempo quanto è maggiore, tanto più secca indica esser l'aria.

Per riguardo alla forma e alle dimensioni, egli consiglia di regolare per tal modo la lunghezza e la larghezza dell'indicata listerella, che allorquando l'igrometro di Saussure segna 80°, ella debba impiegare 30 secondi precisi a scaricare l'elettrometro degli indicati 8 gradi. E per adoperarla con dimensioni invariabili, propone di munirla alle sue estremità di due appendici metalliche, delle quali l'una serva a toccar l'elettrometro, e l'altra sia tenuta in mano dallo sperimentatore. Al cappello dell'elettrometro si aggiunge un'asticciuola metallica per aumentarne la capacità. Dopo di che per mezzo di apposite sperienze si dee formare una scala di corrispondenza fra i gradi dell'igrometro di Saussure e i tempi impiegati da cotale listerella.

Ciò preparato, per venire alla pratica è d'uopo tenere siffatta listerella, almeno per alcuni minuti, nel luogo di cui si vuole riconoscere l'umidità; p. e. fuori della finestra, se si tratta dell'umidità dell'atmosfera, badando in questo caso che non vi dia il sole e che non vi sia dato dianzi in guisa da aver riscaldato il luogo, come anche guardando essa listerella dalle gocce di pioggia. L'elettrometro in vece deve sempre esser tenuto in luogo piuttosto asciutto, affinchè sia atto a conservare la sua elettricità per alcuni minuti senza grande diminuzione. Per fare poi la sperienza, si toglie dal suo luogo la listerella, la si porta in un luogo asciutto ove sia recato anche l'elettrometro, si carica questo, p. e. sino a + 12°, e coll'orologio alla mano si attende l'istante in cui si hanno i 10°; si tocca allora l'elettrometro colla listerella, e si tiene questa fino a che si abbiano i 2°, i quali ottenuti e determinato il tempo trascorso, la sperienza è finita. E si dee in essa perdere men tempo che sia possibile, acciò la listerella ritenga il grado d'umido precedentemente contratto.

Se l'aria è umidissima, si può aggiungere all'elettrometro una boccetta di Leida; o più semplicemente, ommettendo questa, si può percuotere l'elettrometro colla listerella parecchie volte, quante basti per ottenere l'indicato decadimento della tensione.

Se l'aria è troppo secca, conviene abbandonare il contatto delle listerelle, il quale farebbe consumare troppo tempo: in vece si piglia fra le dita una lista di carta pergamena larga da uno a due pollici e lunga otto o dieci, e tirandola dall' un de' capi la si strofina fortemente fra esse dita, e la si porta quindi in faccia all'asta dell'elettrometro senza farla toccare con questa, e lasciatavela vicina, si osserva quanto tempo impiega esso strumento a scendere dell' intervallo fra due date divergenze (*).

1350. *Figure di Lichtenberg.* Sul mezzo della superficie del mastice di un elettroforo si tenga applicato per qualche tempo il bottone di una boccia di Leida carica positivamente; e quindi, tolta la boccia, si asperga quella superficie con un po' di polvere di pece greca, facendovela scendere da uno staccio. Si vedrà questa disporsi secondo certe linee ramificate, quali vengono rappresentate dalla figura 160. E queste linee sono quelle giusta le quali si è propagata sulla superficie del mastice l'elettricità positiva della boccia. Perciocchè le particelle della polvere resinosa, elettrizzatesi negativamente nell' uscire dallo staccio, vengono specialmente attratte a que' punti ove la superficie del mastice è elettrizzata in più.

Se in vece si applichi sulla superficie d'un'altra stiacciata di mastice il bottone di una boccia elettrizzata in meno, e quindi vi si sparga similmente una polvere resinosa, si disporrà questa secondo un sistema di linee affatto diverse, cioè a tanti cerchii concentrici, come vien rappresentato dalla fig. 161, manifestando ne' luoghi lasciati vani in qual modo siasi diffusa sul mastice l'elettricità negativa.

Si chiamano queste le *figure di Lichtenberg* dal nome dello scopritore. Sono esse state variate in molte guise, come il lettore può vedere all'articolo *Elektrophor* del nuovo Dizionario fisico di Gehler, a p. 754 e seg.

La differenza di cui si tratta può rendersi più sensibile facendo sul mastice d'un elettroforo delle figure co' bottoni di due bocce di Leida elettrizzate contrariamente, e aspergendo quindi esso mastice con un miscuglio di polveri di zolfo e di minio, uscenti da un vasetto minutamente fora-

(*) Volta, *Collezione* ec., t. I, Part. II, p. 441 e seg.

to: la polvere infatti di zolfo viene attratta dai punti elettrizzati in più, e quella di minio dai punti elettrizzati in meno. Segnando co' due bottoni due soli punti vicini fra loro, il punto elettrizzato in più mostra una stella, l'altro uno spazietto circolare.

Il prof. Zamboni ottiene queste figure senza le polveri, col solo scoppio della scintilla su d'uno strato di trementina o d'altra materia isolante pressochè liquida contenuta in un piatto metallico. La scintilla lanciatavi da un conduttore elettrizzato in più vi forma una stella raggiante, quella che scocca fra esso piatto e un conduttore elettrizzato in meno vi forma una fossetta rotonda (*).

Osservo che una ramificazione alquanto simile alla fig. 160 si mostra eziandio nelle scintille delle macchine assai potenti, come vedremo fra poco; come pure in quelle scintille che illuminano di tratto in tratto la parte non armata della superficie esterna di una boccia di Leida che si vada caricando fortemente in più (§ 1091). Da questa osservazione e dalla sperienza precedente di Zamboni, pare che il fenomeno si debba riferire alla diffusione luminosa dell'elettricità nell'aria. La quale idea è altresì favorita dall'osservazione, che facendo nell'aria rarefatta la sperienza de' bottoni delle due bocce sul piatto di mastice, il fenomeno soffre de' cangiamenti, p. e. i cerchietti dell'elettricità negativa si mostrano più larghi.

Sulla causa di queste maniere di propagarsi delle due elettricità nulla saprei dire di sicuro. Nè da esse maniere si può trarre verun argomento in favore dell' una o dell' altra delle due principali teorie dell' elettricità. Niente ripugna infatti che abbiano un diverso modo di propagarsi i due fluidi di Symmer, come neppure è ripugnante che si propaghi diversamente l'unico fluido di Franklin quando è sovrabbondante e viene, dirci quasi, donato dall'una molecola all'altra, da quando egli è scarseggiante e una molecola il ruba a forza all'altra.

(*) *Elettrom. perpet.* Part. I, p. 169.

CAPO X.

DELLA PROPAGAZIONE DELL'ELETTRICO PER MEZZO DELLA SCINTILLA

Della scintilla nell' aria comune.

1351. *Nozioni generali.* Quando ad un conduttore elettrizzato si accosta un altro conduttore comunicante col terreno, prima che siasi effettuato il contatto de' due corpi, l'elettrico si scaglia dall'uno all'altro, in forma di striscia luminosa, e con un particolare strepito. Chiamasi questa striscia la *Scintilla elettrica.*

Ha luogo questa scintilla per ambedue le specie di elettricità; ha luogo anche quando il conduttore che si avvicina sia isolato, nè solamente essendo questo allo stato naturale, ma eziandio essendo elettrizzato, trattone il solo caso ch' egli abbia già quella specie e dose di elettricità come se precedentemente fosse stato a contatto coll' altro conduttore.

La distanza a cui salta questa scintilla diversifica secondo i casi, e varia pure secondo i casi la sua apparenza; del che ci occuperemo fra poco con qualche estensione.

1352. Credono molti fisici, e in ispecie i seguaci di Symmer, che questa scintilla abbia luogo allorquando la tendenza del fluido elettrico o di uno de' due fluidi elettrici a sfuggire da un corpo elettrizzato, arriva a poter vincere la pressione meccanica dell' aria ambiente, come quando un liquido per troppa pressione fa una apertura in una delle pareti che il contengono. Alla quale spiegazione è, a vero dire, molto favorevole il fatto che l'aria si lascia tanto più facilmente attraversare dall'elettricità quanto minore è la pressione dell' atmosfera.

Fra queste citeremo soltanto il fatto osservato da Harris, che essendo costante la distanza de' due conduttori, ed essendo l' aria che li circonda in libera comunicazione coll'atmosfera, la tensione necessaria al salto della scintilla è tanto minore quanto più essa aria è riscaldata (*). Siccome qui non si cangia la pressione dell' aria, così la scintilla dovrebbe sempre richiedere la stessa tensione.

1353. Ecco quale spiegazione io darei di siffatto fenomeno.

Considererò, per fissar le idee, il caso d' un conduttore isolato elettrizzato in più o in meno per comunicazione, al quale se ne trovi affacciato un altro comunicante col terreno ed elettrizzato contrariamente per induzione. Quando adunque l'elettrico che sovrabbonda nell'uno de' due conduttori è giunto in qualche punto a un sufficiente accumulamento, alcune delle sue molecole vengono spinte tanto fortemente contro l'aria ambiente, sì dalla ripulsione dell'altro fluido sovrabbondante nello stesso conduttore, come dall'attrazione della materia deficiente dell'altro conduttore, da poter vincere affatto la facoltà isolante di essa aria e comunicarsi a viva forza alle molecole di questa immediatamente contigue. Il fluido naturale di cotali prime molecole aeree viene allora dalle stesse due azioni, l'una repulsiva e l'altra attrattiva, aggiuntavi la ripulsione del fluido sopraggiunto ad esse molecole, forzato a passare ad altre molecole d'aria loro vicine; e allora il fluido naturale di queste viene sospinto ad altre successive; e così di mano in mano. Intanto alle prime molecole d'aria arriva altro fluido dal corpo, il che abilita esse prime molecole a darne ancora del proprio alle seconde, e queste a far lo stesso colle terze, ec.: la quale continuazione del passaggio dal corpo all'aria si trova facilitata dal passaggio antecedente di altro elettrico, come si è veduto al § 1314. L'elettrico poi che si è inoltrato pel primo

(*) *Phil. Trans.*, 1834, p. 230.

viene spinto innanzi con forza anche maggiore che dapprincipio, essendo incalzato dall'altro che gli vien dietro e che forma seco una massa continua simile a quella distribuita in un conduttore acuminato; e così si avanza gradatamente verso il secondo corpo; al quale giunto che sia, lascia dietro sè una via liberissima ad altro ed altro elettrico, talchè di questo ne passa sino a che s'è stabilito l'equilibrio fra i due corpi.

1354. Io stimo che la scintilla possa incominciare anche dal corpo elettrizzato in meno, purchè la tensione negativa sia in esso bastantemente forte. Può infatti, secondo me, questo corpo togliere una porzione di fluido naturale alle molecole aeree a lui contigue, ajutato in ciò dalla ripulsione ch'esso fluido naturale soffre dal vicino corpo elettrizzato in più. Esse molecole d'aria contigue divenute deficienti tolgono fluido naturale alle seguenti, queste ad altre successive, e così di seguito. Intanto le molecole aeree più contigue al corpo, rese più facili al passaggio dell'elettrico, danno al corpo stesso l'elettrico ricevuto; e così fanno le seconde colle prime, le terze colle seconde, ec. E a questo modo rendesi deficiente tutta una fila di molecole aeree, le quali divenute in quel momento conduttrici formano come un prolungamento filiforme del corpo deficiente. E questo prolungamento si va gradatamente estendendo più innanzi sino a che incontra il corpo stesso elettrizzato in più; dopo di che si ha una via liberissima, nella quale l'elettrico seguita a scorrere fino allo stabilimento dell'equilibrio.

Molte prove noi abbiamo di questa via liberissima che trova l'elettricità durante la scintilla: a noi basti per ora quella veduta alla p. 331. In qual modo poi l'elettricità vi passi, se continuando sempre a tragittare, come dapprincipio, da una molecola d'aria in un'altra, ovvero scorrendo in uno spazio voto frammezzo alle molecole d'aria ritiratesi di fianco, nulla io saprei asserire.

1355. Si maraviglieranno molti all'udire che la scintilla può prendere origine anche dai corpi elettrizzati in meno. Faranno perciò ottima cosa a verificare con diligenza il fatto seguente che troveranno ancora più singolare, e che io pure reputo assai importante e da altri non ancora avvertito.

Pel salto della Scintilla fra due conduttori si esige, a parità d'altre circostanze, una minor tensione quando ella prende origine da quello elettrizzato in meno, che quando ella procede da quello elettrizzato in più.

Si isoli un filo metallico del diametro di un millimetro e tondeggiato ad una estremità (fig. 162), e lo si presenti con questa, alla distanza di un millimetro e mezzo o di due millimetri, a una palla pur metallica del diametro di circa un pollice e stante in buona comunicazione col terreno umido. Si metta il filo in comunicazione con un elettrometro a quadrante e coll'interna armatura di una boccia di Leida, facendo comunicare l'esterno di questa similmente col suolo umido o meglio ancora colla palla or ora nominata; e quindi col mezzo di una macchina a doppio conduttore si somministri a questo filo dell'elettricità positiva. Si vedranno scoccare delle scintille fra il filo e la palla ogni volta che la tensione sarà salita, p. e., a + 8°. Senza mutare la disposizione dell'apparecchio diasi ad esso filo dell'elettricità negativa, e le scintille scoccheranno a tensione minore, p. e. a soli — 5° (*).

Io spiego un tal fatto ammettendo che in un dato corpo l'elettricità negativa abbisogni di minore intensità che la positiva per essere comunicata violentemente all'aria contigua; ossia, nell'ipotesi di Franklin, ammettendo che esso corpo non richiegga tanto di forza attrattiva per togliere violentemente dell'elettrico a quest'aria quando egli è elettrizzato in meno, quanto

(*) V. *Biblioteca Italiana*, T. LXXXVI, p. 280.

di repulsiva per dargliene quando è elettrizzato in più. Donde avviene che l'estremità tondeggiata del menzionato filo metallico, quando è carica a soli — 5°, ha già, nell'addotto esempio, una forza sufficiente per togliere elettrico all'aria, mentre caricata in più abbisogna di una tensione di + 8° per potergliene dare. E questa differenza, nel detto sistema di Franklin, si potrebbe attribuire a un'attrazione che abbiano i corpi verso l'elettrico anche quando si trovano allo stato naturale; la quale attrazione ajuti l'assorbimento dell'elettrico stesso e si opponga all'emissione, e operi soltanto alle minime distanze alla maniera dell'attrazione molecolare, in guisa da non disturbare la distribuzione di equilibrio allorquando a un corpo allo stato naturale se ne avvicina un altro similmente allo stato naturale. Starà ad esperienze ulteriori il decidere intorno a quest'ultima spiegazione, la quale ora non do che come un'ipotesi.

1356. Se si mette il menzionato filo in comunicazione col terreno, e si isola la palla, unendo con questa l'elettrometro e l'interna armatura della boccia non isolata, e si dà a questo sistema ora l'elettricità positiva ed ora la negativa, la scintilla salta a minor tensione allorchè si dà la positiva. Qui io ammetto che la scintilla prenda ancora origine dal filo, elettrizzato per induzione contrariamente alla palla, e nella cui estremità questa elettricità indotta sia sempre assai più forte che non la contraria comunicata dalla macchina alla palla, di maniera che coll'accrescere gradatamente la carica, il filo sia sempre il primo sì a togliere elettrico all'aria quando la palla viene elettrizzata in più, che a comunicargliene quando essa palla viene elettrizzata in meno.

In generale noi possiamo ritenere che fra due conduttori affacciati la scintilla può avere origine tanto per emissione dal conduttore elettrizzato in più, nel modo indicato al § 1353, quanto per assorbimento

da quello elettrizzato in meno, nel modo esposto al § 1354; e che ne' singoli casi essa ha origine da quel corpo ove la intensità dell' elettricità arriva più presto a poter vincere la facoltà coibente dell' aria per dare o per togliere elettrico a questa; al che si richiede un' intensità minore per l' elettricità negativa.

1357. Il diverso modo di comportarsi delle due elettricità si rende ancor più chiaro colla seguente sperienza. Si mettano in vicendevole comunicazione una palla e un filo tondeggiato alla estremità libera, ambi metallici ed ambi isolati dal terreno, ma la prima d'un diametro assai maggiore, e si uniscano fra loro un'altra simile palla e un altro simile filo, comunicanti col terreno; e si presenti il secondo sistema al primo nel modo indicato dalla fig. 163, cioè in guisa che la prima palla sia affacciata al secondo filo e il primo filo alla seconda palla, a distanze uguali, pari a poco più di un diametro del filo. Si metta in comunicazione il primo sistema *A* coll' armatura interna di una boccia non isolata e con uno de' conduttori di una macchina in moto, e il secondo sistema *B* coll' armatura esterna della boccia medesima; e quando la macchina somministrerà elettricità positiva, le scintille balzeranno dalla prima palla al secondo filo, arrivando questo a poter togliere elettrico alle molecole d'aria che ha dinanzi, prima che le due palle e l'altro filo arrivino a poter dare o togliere elettrico alle molecole d' aria rispettivamente contigue; e all'incontro quando la macchina darà elettricità negativa, le scintille scoccheranno fra il primo filo e la seconda palla, arrivando prima esso filo a poter togliere elettrico all'aria che non l'altro filo e le due palle a togliergliene o a dargliene.

Questo apparecchio si può adoperare utilmente per riconoscere l'elettricità dell'atmosfera ne' temporali, mettendo il sistema isolato *A* in comunicazione con una spranga frankliniana o col filo metallico di un cervo volante e il sistema *B* in comunicazione col terreno, e osservando in che luogo vengano scagliate le scintille.

1358. Fra due palle uguali, l'una comunicante colla macchina e l'altra col terreno, e la cui distanza sia molto mi-

nore del loro diametro, le scintille saltano prossimamente ad uguale tensione per entrambe le elettricità. E infatti se noi diamo elettricità positiva, la scintilla piglia origine dalla seconda palla elettrizzata per induzione in meno, allorquando in questa palla, nel punto più vicino alla prima, l'elettricità negativa è giunta ad un'intensità, p. e., come — 100, intanto che l'elettricità positiva comunicata alla prima palla è giunta ad una intensità, p. e., come + 105, senza pericolo che esca prima questa elettricità positiva. Dando all'incontro elettricità negativa, la scintilla prende origine dalla prima palla, allorquando una tale elettricità negativa ha acquistata un'intensità come — 100. Ora fra le intensità + 105 e — 100, ossia, in generale, fra l'intensità dell'elettricità comunicata e quella dell'elettricità indotta, prescindendo dai segni e supposto che le palle siano assai vicine, la differenza è molto tenue.

1359. Si assegna ordinariamente nell'ipotesi di Franklin il corpo che dà e quello che riceve la scintilla; però questo giudicio non si appoggia alla testimonianza de' sensi, ma bensì ai principii della detta ipotesi, volendo questa che nella scintilla l'elettrico cammini dal corpo elettrizzato in più verso quello elettrizzato in meno. Il fatto sta che la scintilla è sì veloce ch'egli è affatto impossibile il discernere dove la luce incominci e in che direzione si propaghi. Ed anzi a chi non sappia quale elettricità posseggano i corpi cimentati, può facilmente sembrare che le scintille si dirigano verso quello elettrizzato in più. Priestley elettrizzando ora in più ed ora in meno un gran conduttore di rame, osservava che presentatavi al di sopra una palla pur di rame, la scintilla pareva sempre discendere tanto per l'una elettricità quanto per l'altra; e che presentata la medesima palla per disotto, essa scintilla pareva ancora discendere per ambedue le elettricità: le scintille però lanciate lateralmente non parvero avere direzione certa (*).

(*) *Histoire* ec. T. III, p. 431.

1360. *Fra quali parti de' corpi elettrizzati si scagli la Scintilla.* Quando sia buona la facoltà conduttrice per tutta l'estensione di ciascuno de' due corpi, la scintilla suole scagliarsi fra quei punti ove il salto riesce il più corto possibile, stantechè sono essi que' punti ove le due elettricità più fortemente si accumulano, e ove più presto si arriva ad avere la intensità sufficiente al salto della scintilla medesima. Può però darsi qualche eccezione. Se il corpo comunicante col conduttore della macchina presenta all'altro corpo una parte più acuminata e un'altra meno, la scintilla può saltare dalla prima, quantunque la distanza sia maggiore (fig. 164); perciocchè, come vedremo in breve, le parti più acuminate possono a pari tensione scagliare le scintille da distanze maggiori. Può esservi un'altra eccezione dipendente dalla natura dell'elettricità. Nel caso, p. e., della fig. 163, se anche si recasse il primo filo alquanto più lontano dalla seconda palla, l'elettricità negativa della macchina potrebbe continuare a passar da essi, anzichè dall'altro filo e dall'altra palla. Ond'è che la proposizione deve intendersi valevole pel caso che nelle diverse parti affacciate le convessità dell'un corpo siano fra loro uguali, e uguali fra loro le convessità dell'altro.

Se poi nelle parti più prominenti la materia dell'uno o dell'altro corpo non sia molto conduttrice, e vicino a tali parti abbianvi de' punti ove ella il sia maggiormente, la scintilla sceglie piuttosto questi, sia per iscagliarsi da essi se si tratti del corpo elettrizzato in più, sia per arrivarvi se si tratti di quello elettrizzato in meno. In tal caso, nell'accostare i due corpi, può bensì la prima porzione d'elettrico venir lanciata o ricevuta dai punti più prominenti; ma questi cessano subito dall'essere i più elettrizzati, e succedono gradatamente gli altri contigui nell'ufficio di somministrar materia pel proseguimento della scintilla o in quello di accoglierla, sino a che in quest'ufficio sottentrano in fine le suddette parti più conduttrici.

1361. *Accidenti della Scintilla: lunghezza della medesima,* ossia *Distanza esplosiva.* A una data distanza e posizione di due corpi dati, e a un determinato stato di umidità, di densità e di temperatura dell'aria, supposto che l'elettricità sia sempre comunicata della stessa specie e allo stesso corpo, la scintilla salta sempre a una stessa tensione. Ma per distanze maggiori abbisognano tensioni maggiori, e viceversa. Ponendo la nocca di un dito assai presso a un de' conduttori di una macchina elettrica mantenuta in uniforme movimento, noi abbiamo una uniforme successione di scintille frequentissime e di poco strepito, e ben poco si alza l'elettrometro annesso al conduttore; e recando esso dito a distanze successivamente maggiori, le scintille si fanno più rare, più sonore, più pungenti, e negl' intervalli fra i salti l'elettrometro sale ad altezze gradatamente maggiori. Infatti alle distanze più grandi è minore, a parità di tensione, l'azione reciproca fra il corpo elettrizzato dalla macchina e quello a lui presentato, e si richiede una carica maggiore a far accumulare di tanto le opposte elettricità da potersi avere il salto della scintilla.

Volta ha trovato che fra due dati corpi la distanza esplosiva è prossimamente *in ragione diretta semplice della tensione;* e che in essa non ha parte veruna la capacità de' conduttori fra cui ella salta, nè l'esser essi piuttosto conduttori semplici, che bocce di Leida o batterie; di più, che assai poco v'influisce la forma de' corpi, quando questa sia dentro certi limiti, cioè quando essi corpi non siano, nelle parti affacciate, nè piani affatto nè puntuti, ma presentino convessità pressochè sferiche.

Si serviva egli dello spinterometro già altrove descritto, facendo scoccare la scintilla fra palle del diametro di un pollice parigino portate a diverse distanze, e tenendo la palla isolata in comunicazione con un elettrometro a quadrante aggiustato nel modo de-

scritto al § 1262. E sperimentando in aria piuttosto secca, sotto una pressione di circa 28 pollici di mercurio, ad una temperatura nè troppo calda nè troppo fredda, e senza dubbio con elettricità positiva, ottenne i risultamenti che seguono

Lunghezza della scintilla in linee parigine	Gradi corretti dell' elettrometro a quadrante
1/4	2° 1/2
1/2	5
1	10
2	19 1/2
3	28 1/2
4	37
5	45
6	53
7	60 1/2
8	67 1/2 (1).

Di qui appare che la lunghezza della scintilla è prossimamente, come si è detto, in ragione diretta semplice della tensione (2). Appare però altresì che que-

(1) *Identità* ec., p. 53. Secondo il § 1262, alle 2 linee di distanza esplosiva avrebbero dovuto corrispondere gradi 20 e non già 19 1/2. Questa differenza si può attribuire all' essersi le presenti sperienze eseguite in aria leggermente più rara di quella in cui venne regolato l' elettrometro, in forza di che le tensioni corrispondenti alle diverse distanze esplosive sieno risultate un po' minori di quello che avrebbero dovuto essere (V. più innanzi al § 1385). Possiamo altresì osservare che, secondo quello che si è detto ai § 1355 e seg., alle distanze minori doveva la scintilla prendere origine dalla palla negativa, arrivando questa più presto ad assorbire elettrico, quantunque elettrizzata per induzione, che non la positiva ad emetterne; alle distanze maggiori in vece doveva essa scintilla cominciare dalla prima palla, attesa la molta differenza che allora aveva luogo fra l' elettricità comunicata e la indotta.

(2) Questa legge si trova confermata anche dalle sperienze di Harris. *Phil. Trans.*, 1834, p. 225.

sta lunghezza cresce in una ragione alquanto più rapida che non cotale tensione; la quale aberrazione si rende specialmente sensibile alle tensioni più forti, essendo in vece molto accurata quella proporzionalità alle basse tensioni. Forse con palle più grosse cotale proporzionalità si verificherebbe anche a tensioni più forti. Gli esposti risultamenti si ebbero, come s'è detto, elettrizzando la palla isolata in più; altri se ne avrebbero elettrizzandola in meno, e secondo quello che si disse al § 1355, i gradi corrispondenti alle diverse distanze esplosive sarebbero minori, specialmente alle tensioni elevate.

1362. Per la buona riuscita di queste sperienze fa d'uopo:

1.° Che le palle metalliche sieno ben lisce, giacchè le asprezze facilitano il salto della scintilla;

2.° Che la loro superficie sia ben pulita da ossidazione e da sostanze straniere, e ciò per la ragione medesima;

3.° Che non vi si depositino di que' peli o fili sottili che galleggiano invisibilmente in gran numero nell'aria, e i quali venendo facilmente attratti dall'elettricità a deporsi fra le due palle possono agevolare in singolar modo il salto della detta scintilla;

4.° Che vi sia una perfetta comunicazione fra l'elettrometro e la palla isolata, come pure fra l'altra palla e il terreno: io soglio porre una goccia d'acqua in tutti que' luoghi ove temo di interruzione.

1363. Nella distanza esplosiva può avere qualche parte la forma e la disposizione de' conduttori fra i quali salta la scintilla. Intorno a che riferirò diversi fatti mostrati dall'esperienza.

Quando uno de' due corpi è terminato con una palla sottile, e l'altro si presenta a questa con una superficie piana, la lunghezza della scintilla cresce in una proporzione assai più grande che la tensione, specialmente se la palla sottile si trova dal lato dell'elettri-

cità procedente dalla macchina (1). E sino a un certo punto la scintilla riesce tanto più lunga quanto più la palla è sottile: dico fino ad un certo punto, giacchè impiccolendo ed allontanando la palla ancor più, l'elettricità sfugge non più in forma di scintilla, ma bensì di fiocco o di stelletta. E un tal fatto ha luogo non solamente per le scariche de' conduttori semplici, ma anche per quelle de' coibenti armati; giacchè Beccaria osservò che impiegando per iscaricatore un arco metallico a cui si adattino successivamente più palle metalliche inegualmente grosse, e avvicinando queste all'armatura isolata onde scaricarla, le palle più grandi danno più grosse scintille ma più corte, e le palle più piccole ne danno di più sottili e più lunghe (2).

Ciò ha luogo anche quando la scintilla sia ricevuta da una palla alquanto grande. Si appressi al conduttore positivo di una macchina elettrica (fig. 165) una palla metallica del diametro di tre pollici, ed avremo in date circostanze delle scintille lunghe, p. e., un pollice e mezzo, e queste piene, brillanti, strepitanti, rettilinee o almeno con tortuosità assai leggiere. Per mezzo di un'asticciuola metallica lunga tre o quattro pollici si adatti all'estremità del detto conduttore della macchina una palla del diametro di un pollice e mezzo (fig. 166), e all'appressare la palla precedente avremo scintille più lunghe, ma meno lucenti e più tortuose. E crescerà la loro lunghezza, ma ne scemerà la vivezza e lo strepito a misura che la palla infitta nel conduttore si userà più piccola. Non essendo essa più che un piccolo globetto (fig. 167), la scintilla si dividerà in molti languidi raggi con uno stridore tenuissimo. In fine sostituendo al globetto una punta smussata (fig. 168), non potrà più conservar-

(1) Volta, *Identità* ec., p. 57. — Volta, a dir vero, considera soltanto il caso che la macchina dia elettricità positiva; ma è probabile che la cosa valga anche pel caso opposto.
(2) *Elettricismo artificiale*, p. 225, § 528.

visi forte tensione, e a distanze appena grandi l'elettrico uscirà in forma di fiocco (1).

Si possono variare queste sperienze usando palle riceventi d'altro diametro e macchine di altra forza; e si potrebbe da ciò ricavare quali sieno le più opportune forme di conduttori per avere più lunghe scintille da una macchina di determinata forza.

Una maniera atta a procurar lunghe scintille si è di farle scoccare da quella estremità del conduttore della macchina la quale è più lontana dal disco girante, ricevendole nella direzione dell'asse di questo conduttore medesimo. Alcuni sogliono aggiungere a questa estremità un prolungamento terminato da una palla non molto grande, nel modo indicato dalla figura 166 (2).

1364. Presentando una punta acuta a un conduttor semplice elettrizzato anche fortemente, non si può averne che una piccola scintilla, giacchè la sua carica viene tolta parzialmente e in silenzio a molta distanza per mezzo della facoltà assorbente della punta, e non può saltare l'intera scintilla se non che ad una piccola distanza, prima di arrivare alla quale la carica si è già moltissimo scemata. Però un'ampia batteria può dare una lunga scintilla anche ad una punta acuminata; giacchè quantunque incominci alquanto da lontano il suddetto assorbimento in silenzio, rimane però ancora indietro la maggior parte della carica, in modo da potersi avere una corrente continuata e una fragorosa scintilla a una distanza anche maggiore di quella senza la punta (3).

Secondo il prof. Gazzaniga, facendo scoccar la scintilla fra due piatti metallici paralleli cogli orli ripiegati indietro, si ha, a parità di tensione, maggior distanza esplosiva che fra le palle dello spinterometro (4).

(1) Singer, *Elementi di Fisica e Chimica elettrica*, p. 58.
(2) *Ibid.* p. 56. — Priestley, *Histoire* ec. T. III, p. 109.
(3) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 135.
(4) *Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto*, anno 1833, p. 321.

Venendo la scintilla ricevuta da un conduttore concavo, essa si mostra pure assai lunga e sonora (1).

Coprendo i conduttori con sostanze carbonose, se n'hanno scintille più lunghe (2), al certo per la scabrezza che ne viene alla superficie.

In qual modo la lunghezza della scintilla venga modificata dalla densità dell' aria, il vedremo fra poco al § 1385.

1365. *Figura della linea percorsa dalla Scintilla.* Saltando le scintille fra palle del diametro di un pollice, tenute prima vicine e poscia gradatamente allontanate, sono esse dapprincipio rettilinee, e si mantengono tali sino alla lunghezza di un pollice e di un pollice e mezzo, ma alla distanza di due pollici, di tre, ec., esse si mostrano tortuose, cioè similissime a piccole folgori. Però fra palle più piccole, del diametro, p. e., di sole tre o quattro linee, questa tortuosità incomincia a distanze minori. Otteneva il Beccaria una singolare tortuosità operando come segue. Al di sotto del conduttore positivo della macchina elettrica univa in direzione verticale una verghetta di ottone del diametro di due linee e tondeggiata all' inferiore estremità (fig. 169); e poche linee al di sotto e alquanto di fianco, a una distanza di circa 16 linee, presentava un'estremità pure tondeggiata di un' altra simile verghetta disposta orizzontalmente e isolata su d' una colonnetta di vetro; quindi facendo lavorare la macchina, appressava di tratto in tratto un dito all' estremità più lontana della seconda verghetta. Da altre sperienze poi egli trovò che le scintille riescono tanto meno tortuose, quanto più è rara l' aria ove si ottengono (3).

Secondo la maggior parte dei fisici questa tortuo-

(1) Priestley, *Histoire* ec. T. III, p. 109.
(2) Marianini, *Annali delle Scienze* ec., 1831, p. 135.
(3) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 239 e 241.

sità è cagionata dalla resistenza dell'aria, la quale venendo condensata dinanzi alla scintilla, obbliga questa a piegare di fianco, nella qual nuova direzione dopo averla lasciata avanzare alquanto, le resiste nuovamente e la costringe ad un' altra deviazione. Meriterebbe però l'argomento d'essere ancora studiato.

1366. Se si presenta al conduttore d'una macchina elettrica un cilindretto terminato ad emisfero, tenendolo leggiermente inclinato, come mostra la fig. 170, la scintilla scocca incurvata, nel modo indicato dalla figura medesima (1). Ciò nasce, a parer mio, dalla maniera con cui ne' diversi punti di essa scintilla cangia successivamente direzione la risultante delle due forze che sospingono l'elettrico, la risultante cioè della ripulsione del cilindro elettrizzato in più e dell'attrazione di quello elettrizzato in meno.

Questo incurvamento ha luogo anche fra due dischi metallici leggiermente inclinati l'uno all'altro.

1367. Le scintille assai lunghe presentano ne' loro angoli delle ramificazioni, le quali nel dipartirsi dalla scintilla principale si allontanano sempre dal corpo elettrizzato in più, dirigendosi verso quello elettrizzato in meno, sia che la macchina somministri l'una specie di elettricità, sia che somministri l'altra: il che si ritiene come un fatto favorevole alla dottrina di un fluido unico. Veggonsi nella fig. 171 rappresentate in piccolo le grandi scintille date dall'elettricità positiva nella celebre macchina di Teyler ad Harlem. Esse partono da una palla metallica del diametro di quattro pollici, comunicante col conduttore della macchina, e sono ricevute da una del diametro di dodici pollici, comunicante col terreno; e arrivano alla sorprendente lunghezza di 24 pollici inglesi, equivalenti a 22 $^1/_2$ francesi (2).

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 219.

(2) Gehler's *Physik. Wört. neu bearb.*, art. *Elektrisirmaschine*, p. 345 e 460. — V. anche il presente volume a p. 53.

Questa ramificazione della scintilla, col tronco dalla banda dell' elettricità positiva e coi rami dalla banda di quella negativa, la osservò anche Harris in un tubo di vetro ove era stata rarefatta l'aria (1).

Alquanto analogo a questo è il fatto osservato da Wilke, cioè che talvolta lateralmente alle scintille principali vengono lanciate delle particelle luminose, brillanti come stelle, e assai somiglianti a quelle che si ottengono dall' acciarino (2).

1368. *Grossezza della Scintilla.* La scintilla non è di grossezza uniforme in tutta la sua lunghezza. Quando è corta, essendo, p. e., della lunghezza soltanto di cinque o sei linee, ella presenta la figura di due coni di lunghezza assai diseguale, colle punte rivolte l'una contro l' altra e colle basi appoggiate ai due conduttori; de' quali coni il maggiore è quello appoggiato al conduttore positivo (fig. 172). E questa osservazione fu fatta primieramente da Wilke (3). Beccaria osserva di più che essa scintilla appare più splendida, più vivace, più candida e più intensa alle sue estremità, essendo in vece più languida e di un colore rossiccio-violetto in quella parte di mezzo ove è più ristretta (4). Nota oltre a ciò esso Beccaria che impiccolendo l' una delle due palle fra cui si fa saltare la scintilla, il cono luminoso che ad essa appartiene tende a farsi più lungo. E vorrebbe quasi attribuire l'assottigliamento di cui si è parlato, a una maggiore velocità che ivi prenda la corrente elettrica, nella guisa de' fiumi che sono più ristretti ove son più veloci (5).

Allorquando io presento una palletta del diametro

(1) *Phil. Trans.*, 1834, p. 243.
(2) Priestley, *Histoire* ec. T. II, pag. 126.
(3) *Ibid.* p. 126 e 127. — *Annali delle Scienze* ec., 1831, p. 120; 1833, p. 335.
(4) *Elettricismo artificiale*, p. 229 e seg.
(5) *Ibid.* p. 235.

di due o tre linee a ricevere elettrico in scintille lunghe dieci o dodici linee da un'altra palla del diametro di nove linee elettrizzata in più, io osservo nel mezzo della scintilla un' interruzione ove la luce è per qualche tratto debolissima e quasi affatto nulla; non così quando presento la medesima piccola palla alla seconda elettrizzata in meno, nel quale ultimo caso la scintilla si mostra tutta continuata (*).

La grossezza media delle scintille date dalle nostre macchine può essere assai diversa: se ne hanno d'un quarto di linea, di mezza linea, d'una linea e talora anche di due. In generale, a parità di lunghezza, la media grossezza di una scintilla varia secondo la capacità che somministra l'elettricità; una batteria ed anche una boccia danno una scintilla più viva, più sonora e insieme più grossa che non un conduttore semplice caricato alla stessa tensione: però in questo giudicio della grossezza v'è forse un po' d'illusione prodotta dalla diversa vivezza della luce. A pari quantità poi d'elettrico effluente la scintilla è tanto più grossa quanto minore è la capacità del conduttore elettrizzato, ossia quanto maggiore è la tensione o la forza che la scaglia e maggiore la sua lunghezza. Il che apparisce chiaramente dalla molta grossezza delle scintille della macchina di Harlem e dell'elettroforo di Klindworth: esse erano grosse come il tubo di una penna da scrivere (p. 53 e 434); ma date a una boccia di Leida non l'avrebbero caricata che a poche linee di distanza esplosiva, e cavate nuovamente da essa sarebbero state assai più sottili.

1369. *Vivezza della luce.* A parità d'altre circostanze la scintilla è tanto più viva quanto più grande è la copia dell'elettrico tragittante: così fra due date palle ella è assai più viva scaricando una boccia o una batteria che non scaricando un semplice con-

(*) *Annali delle Scienze*, 1831, p. 120.

duttore. E ciò dee attribuirsi alla durata dello splendore.

A pari cariche poi, le scintille sono tanto più vivaci quanto più pronto è il passaggio dell' elettricità. Scaricando una boccia per mezzo di un conduttore tutto metallico, essa luce è più viva che non quando la scarica dee altresì attraversare un po' d' acqua pura (p. 335). In generale le scintille più belle si hanno dai conduttori metallici.

Nelle scintille tortuose trova il Beccaria un certo alternare di parti più luminose e di parti più oscure, a guisa di onde disposte per traverso al loro sentiero (1).

1370. *Colore.* Il colore della scintilla diversifica secondo la natura de' corpi fra i quali ella salta e secondo i mezzi ch'ella attraversa. Nell'aria comune e fra conduttori metallici, e in genere quando è molto vivace, la scintilla suol essere bianca. Però fra conduttori d' ottone sembra a me leggermente verdognola, e fra conduttori di zinco azzurrognola. Hales osserva che dal rame vien fuori verde, e stima che il suo colore nasca dall'esservi associata qualche particella del corpo che la scaglia (2). Dal cuojo inargentato vien data d'un verde vivacissimo (3); esce giallognola da un uovo caldo (2), rossa dal ferro rugginoso (4), dal sal gemma (5), dal legno e in genere dai conduttori imperfetti (6); e in questi ultimi ha anche la particolarità d' essere *suddivisa* o formata da molte successive scintillette parziali, specialmente s' ella nasce dalla scarica di un coibente armato (§ 1110). Rossiccio-vio-

(1) *Elettricismo artificiale*, p. 241, § 566.
(2) Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 288.
(3) Singer, *Elementi* ec., p. 66.
(4) Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 144.
(5) *Ibid.* T. III, p. 246.
(6) Singer, *Elementi* ec., p. 61.

letta abbiamo altresì detto essere la parte più sottile della scintilla estenuata (§ 1368) (1).

Si può far passare la scintilla attraverso a un pezzo di legno, coll' infiggere, p. e., in un pezzo d'abete due fili metallici acuti, in direzioni convergenti, sino alla profondità di circa un ottavo di pollice e alla distanza di circa un pollice e mezzo l'uno dall' altro, colle punte in una linea parallela alla direzione delle fibre. Fatta passare l'elettricità da questi fili, si ha dentro al legno una scintilla di qualche particolar colore che diversifica secondo la profondità data ai fili; e se uno di questi è infitto più profondamente dell' altro, in guisa che i varii punti della scintilla sieno a profondità diverse, ella mostra ad un tempo parecchi differenti colori (2). Il colore della scintilla varia altresì col farle attraversare diversi mezzi gazosi. Ella è verde quando attraversa in corrente copiosa il vapore di etere: si fa sorgere questo nella camera vota di un barometro, e si danno delle scintille alla sommità della superficie esterna, armandola per qualche tratto (3). Ella è bianca e vivace nell' acido carbonico; debole e rossa nell' idrogeno (4). Nell' aria alla densità ordinaria suol essere bianca: come sia alle altre densità, il vedremo fra poco.

Varia anche il colore della scintilla col far trascorrere questa sulla superficie di diversi corpi. Una lunga scintilla sulla polvere di carbone ha un bel colore giallo (2); sull' acido solforico è rossa (5). Secondo Singer il colore si mostra altresì diverso secondo la distanza dell' osservatore, e ne adduce in esempio la scintilla attraverso al vapore d'etere; ma mi pare questo un tal fatto che meriterebbe ulteriore esame. E

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 230, § 540.
(2) Singer, *Elementi* ec., p. 66.
(3) *Ibid.* p. 64.
(4) *Ibid.* p. 63.
(5) Priestley, *Histoire* ec. T. III, p. 390.

Pfaff crede di avere osservato che le lunghe scintille abbiano le due metà di diverso colore, essendo la metà positiva più violetta, e la negativa più azzurra (1).

1371. Essendosi sottoposta la luce elettrica alle prove del prisma, si decompose ne' varii colori prismatici alla guisa della luce solare (2). Però Frauenhöfer in alcune sue ulteriori indagini trovò fra cotali due luci alcune differenze. Avvicinava egli fino a mezzo pollice di distanza due conduttori, l'uno comunicante colla macchina elettrica e l'altro col suolo, e gli univa con un sottilissimo filo di vetro. Così la luce pareva continua, ed esso filo una sottil linea luminosa. E lo spettro di essa luce gli presentò diverse striscie più illuminate del rimanente spazio, cioè una assai lucente nel color verde, una un po' men chiara nel ranciato, una poco chiara nel rosso, e nel resto dello spettro altre quattro abbastanza chiare (3). In ciò questa luce si assomiglia a quella delle fiamme dell'olio, dell'alcool e dell'idrogeno, che danno esse pure delle strisce luminose, e differisce dalla luce solare che dà invece delle strisce oscure. Parleremo altrove di queste ultime luci, e riferiremo in un altro luogo di questa Sezione le sperienze fatte da Wheatstone sulle scintille Voltaiche.

Ma donde viene questa luce? Forse da movimento comunicato dall'elettrico a quella sottilissima sostanza, le cui vibrazioni, secondo molti fisici, costituiscono appunto la luce? O verrebbe in vece questa sostanza messa in moto vibratorio da un'agitazione delle molecole ponderabili elettrizzate? O una tale sostanza sarebbe per avventura la medesima cosa che il fluido elettrico, del quale la parte stagnante o immobile che si trova nello spazio d'intorno alla scintilla venisse posta in moto dalla corrente che tragitta, in quel modo che soffiata dell'aria attraverso ad una massa d'altr' aria tranquilla, può in questa generarsi un suono?

(1) Gehler's *Physik. Wört. neu bearb.*, art. *Elektricität*, p. 387.
(2) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 320. — Priestley, *Histoire* ec. T. III, pag. 448.
(3) *Memorie dell'Accad. delle Scienze di Baviera*, an. 1814 e 1815. — Pianciani, *Istituz. fis. chim.* T. III, p. 150.

1372. *Strepito.* La scintilla, quando non è suddivisa ma unita in un corpo unico, è sempre accompagnata da un istantaneo strepito o scoppio, prodotto indubitatamente da un movimento comunicato dall' elettricità all' aria. Sia che l' elettrico scacci via quest' aria dal suo sentiero e vi formi un vacuo, operando a modo di sostanza impenetrabile, sia che solamente esso la dilati, certo è che per lo meno una notabile porzione di quell' aria che occupava il luogo della scintilla viene subitaneamente rimossa in tutte le direzioni laterali; e venendo spinta via con grandissima velocità, non si ferma essa subito dopo lasciato luogo alla scintilla, ma si allarga più in là fino a che sia fermata dalla pressione dell' aria circostante e rimandata al luogo primiero, ove l'elettricità avendo già finito di passare, le lascia di nuovo libero lo spazio; dal quale accorrimento vien prodotta una condensazione, cui segue una nuova rarefazione, e quindi una serie di altri simili movimenti alternativi che sono cagione di quel suono.

Questo strepito è soggetto alle stesse vicende della luce. È forte quando la luce è viva, p. e. quando la scintilla scoppia nell' aria comune fra conduttori metallici puliti. È debole, come è anche la luce, quando l' elettricità deve nello stesso tempo attraversare altresì un tratto di acqua pura.

Priestley, avendo paragonato questo strepito colle voci di un gravicembalo, trovò ch' egli è tanto più acuto quanto più piccola è la capacità che somministra l' elettricità (1).

Le scintille suddivise (§ 1110) non producono che una serie di piccoli strepiti, formanti una specie di sibilo continuato.

1373. *Idee sulla reale forma della Scintilla.* Opina Priestley (2) che la scintilla non sia in sè stessa una

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 226.
(2) Priestley, *Histoire* ec. T. III, p. 450.

continuata striscia luminosa, ma bensì un breve corpicello lucido che si spicchi dal corpo elettrizzato in più, e movendosi velocissimamente attraverso all'aria interposta si getti in fine sull'altro corpo, mostrando illuminata tutta la via percorsa, nel modo della notissima sperienza del tizzone agitato nell'aria.

Io però son d'altro avviso. Mi pare impossibile che una quantità d'elettrico così grande, qual è quella della scarica di una boccia o di una batteria, possa star raccolta e condensata in sì breve spazio, ove avrebbe una forza espansiva assai maggiore della pressione dell'atmosfera. Io stimo piuttosto che la scintilla incominciando prima da un lato e propagandosi gradatamente sino all'altro, occupi per qualche tempo tutto lo spazio interposto fra i due conduttori, e tutto il ritenga contemporaneamente illuminato; anzi durante questo tempo l'elettrico si rinnovi nel luogo della striscia per molte centinaja o anche migliaja di volte, non essendovene ciascuna volta che all'incirca quella stessa quantità come in un filo metallico delle medesime dimensioni della scintilla, posto a far comunicare insieme i due corpi; variando poi questa quantità dal principio al fine della scintilla secondo che si va mutando in questo tratto di tempo la carica de' due corpi.

Stimano altri fisici che la scintilla, almeno in alcuni casi, s'assomigli ad un nastro, cioè abbia una delle dimensioni trasversali assai maggiore dell'altra. Tali parvero a Romas alcune scintille lunghe da 9 a 10 piedi e larghe un pollice, date dal suo cervo volante in occasione di temporale (1); e tali parvero al prof. Gazzaniga le scintille d'un'ordinaria macchina scoccanti fra due piatti metallici paralleli (2). Non so però se essi abbiano fatto delle prove per accertarsi che l'apparenza non nasceva da illusione ottica.

(1) Biot, *Traité de Phys. expér. et mathém.* T. II, p. 444.
(2) *Ann. delle Scienze del Regno Lomb. Ven.*, an. 1832, p. 361.

1374. *Velocità e durata della Scintilla.* Intendo per *velocità della Scintilla* la prontezza con cui si avanza nell'aria il suo incominciamento; e per *durata* di essa intendo il tempo totale pel quale si mantiene illuminato ciascun punto del suo sentiero.

Per determinare queste due cose nelle scintille scoccanti fra conduttori metallici semplici, il sig. Wheatstone faceva trascorrere delle scintille lunghe quattro pollici dinanzi ad uno specchio mosso velocemente in giro. Col quale processo, supposte le scintille scendenti verticalmente all'ingiù, e la rotazione fatta per tal verso da muovere le immagini orizzontalmente da destra verso sinistra, il tempo impiegato nel progredimento doveva esser mostrato dallo spostamento orizzontale *DE* della parte infima di ciascuna delle scintille (fig. 173), le quali da verticali, come veggonsi in *AB*, dovevano apparire oblique come in *CE*; e la durata della luce doveva essere manifestata da un allargamento delle scintille medesime, come è indicato in *CC'* e in *EE'*. Ora avendo portata la velocità dello specchio sino a 800 giri per secondo, il che gli dava mezzo di accorgersi anche di una durata di un solo $\frac{1}{1152000}$ di secondo, egli non vide nè obbliquità nè allargamento; donde si può dedurre che il tempo del progredimento e la durata della scintilla furono più brevi del suddetto minimo tempuscolo, e che quindi la scintilla s'avanzò nell'aria con una velocità maggiore di 384000 piedi o di 60 miglia italiane al secondo. Anzi, se è vero quanto io ho poc'anzi asserito, cioè che la corrente elettrica si rinnovi molte volte nella durata di una scintilla, anche trascorrendo questa fra due conduttori semplici, e che perciò durante il progredimento non entri nell'aria che una piccola porzione della carica, in questo caso il tempo di esso progredimento non sarebbe che una piccola frazione di quello della scintilla, e la velo-

cità dell' elettricità nell' aria sarebbe ancora assai più grande di quella or ora menzionata.

La scintilla però di una boccia gli si mostrò di una durata sensibile, cioè di circa $\frac{1}{24000}$ di secondo (p. 507); il che provenne e dalla gran copia d'elettrico che doveva tragittare, alla qual copia, a parità di tensione, è proporzionale la durata (p. 509), e inoltre dall'aver dovuto l'elettrico in quella sperienza percorrere un lungo circuito metallico.

Da una siffatta brevità di durata derivano, come ei riflette, molte curiose apparenze, diverse da quanto si osserva ad occhio nudo. I disegni su d'una delle facce di un disco fatto rotare velocemente sembrano immobili allorquando sono illuminati dalla scarica di una boccia di Leida. Le corde vibranti si mostrano immobili in una posizione curva. Una rapida successione di gocce che alla luce ordinaria del giorno rassembra una continuata striscia, si mostra formata di gocce separate, qual è infatti (*).

1375. *Residuo delle Scintille ne' conduttori semplici.* Abbiam veduto a p. 331 che la palla introdotta nella doppia coppa emisferica della fig. 17, dopo scaricata entro di questa coppa mediante una scintilla, non lascia indietro verun sensibile residuo; dal che e da altre prove abbiam cavato che il sentiero aperto nell'aria è sommamente conduttore.

Scaricando però la detta palla o un altro corpo qualunque con una mano, pure mediante una scintilla e senza venire a contatto, rimane un residuo sensibilissimo, quantunque il corpo nostro sia un assai buon conduttore; del che ecco la causa. Quando l'elettricità trapassa nel nostro corpo, succede: 1.° una compensazione della contraria elettricità stabilitasi precedentemente nel detto nostro corpo per induzione; 2.° una

(*) *Phil. Trans.*, 1834, Part. II, p. 585, 590 e 591.

ripartizione del soprappiù fra la palla e un tale corpo nostro con insieme per avventura qualche porzione del sottoposto terreno, nella proporzione delle capacità rispettive, e secondo che è permesso dalla contraria elettricità stabilitasi per induzione ne' corpi vicini e rimastavi in parte anche dopo la scarica, attesa la scarsa conducibilità di alcuni di essi. E quantunque la parte toccata al corpo nostro si dissipi tostamente nel terreno medesimo, e subito esso corpo torni atto a riceverne dalla palla un' altra porzione, il sentiero nell' aria è però già richiuso, nè può più avervi altro passaggio. Nel caso della coppa manca l'elettricità de' corpi vicini, e nella ripartizione fra la palla e la coppa tutta l' elettricità di quella si porta alla superficie esterna del sistema, ad eccezione di quella quantità che può per avventura essere trattenuta dalla resistenza del sentiero della scintilla, quantità che il fatto mostra essere estremamente piccola.

Se la palla si scarica colla mano, pure con una scintilla ma in vicinanza di corpi poco conduttori, rimane in essa palla un residuo di elettricità assai più grande, tale da poter anche dare una seconda sensibile scintilletta. E questo per lo stabilirsi ne' detti corpi vicini un' elettricità contraria che non si dissipa durante la scarica, e che trattiene parte di quella della palla.

1376. *Di alcuni singolari fenomeni riguardanti la Scintilla nell'aria.* Si pieghi un filo metallico della lunghezza di circa cinque piedi, nella forma rappresentata dalla figura 174, in guisa che le parti *A* e *B* si accostino sino alla distanza di mezzo pollice. Si congiunga l'una estremità del filo coll' armatura esterna di una batteria, e l' altra estremità si unisca con un capo dello scaricatore. Fatta passare mediante quest' ultimo la scarica della batteria lungo il filo suddetto, si vedrà saltare una scintilla fra *A* e *B*, mostrando che una parte della corrente elettrica sceglie piuttosto il corto cammino per l'aria che il lungo pel filo me-

tallico (1). Però una parte passa certamente anche dal filo. Si ripeta infatti la scarica dopo congiunti i punti *A* e *B* mediante un corto e sottil filo metallico; quindi la si ripeta una terza volta, ritenendo questo secondo filo, ma interrompendo il primo in *D*: si vedrà il corto filo fra *A* e *B* arroventarsi nella terza scarica e non nella seconda. Donde appare che nella seconda passa dell'elettrico anche da *D*; il qual passaggio è ben da credere che succeda altresì levando il corto filo, cioè sperimentando al primo modo. Priestley, a cui si dee questa sperienza, la variò in molte maniere. Fra le altre cose egli osservò che quanto più le parti appressate *A* e *B* del menzionato filo si trovano vicine al mezzo *D*, tanto maggiore accostamento si ricerca fra esse onde ottenere il salto della scintilla (2).

Tali sono i fatti. Qual è ora la ragione di una siffatta scintilla, essendo pure l'aria, nel suo stato ordinario, milioni di volte meno conduttrice del filo metallico? Egli è da sapersi che mentre la corrente elettrica si trova incamminata lungo il filo, la tensione dell'elettricità dell'interno della batteria si partecipa eziandio a tutte le parti di essa corrente, con una successiva degradazione a proporzione che si va più lungi dalla detta armatura interna, la quale degradazione è tanto più rapida ne' diversi tratti del cammino percorso, quanto meno conduttori essi sono e più angusti. Io ritengo pertanto che nella parte *A* del filo si abbia una tensione assai forte, dovendo ella essersi poco scemata lungo il tratto occupato dalla scintilla, il quale tratto non oppone, come abbiam già detto, che una resistenza piccolissima, pari verisimilmente a quella opposta da un breve conduttore metallico; e poco altresì dovendo essersi scemata nello scaricatore, attesa la di lui grossezza. Ora questa tensione fa che l'elettrico tenda a scagliarsi via dal filo metallico verso qualsivoglia corpo atto a riceverlo, qual è appunto l'altra estremità del filo ove la tensione è assai minore.

1377. Si isoli un grosso conduttore *AB* (fig. 175), il quale con una sua estremità *A* comunichi coll'esterna ar-

(1) Priestley, *Phil. Trans.* T. LIX, p. 67. — Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 312. — Cavallo, *Trattato* ec., p. 374.
(2) *Phil. Trans.* T. LIX, p. 68.

matura di una giara. All' altra estremità *B* si appressi un altro conduttore *DE* lungo sei o sette piedi e grosso pochi pollici, a una distanza non maggiore di mezzo pollice. Si stenda sulla tavola presso la giara una catena metallica *FG*, la quale coll'estremità *F* si trovi lontana un pollice e mezzo dall' armatura esterna suddetta; e si metta l'altra estremità *G* in comunicazione con un capo dell' arco scaricatore. Eseguita con questo la scarica, si scorge una viva scintilla fra *B* e *D*, senza che punto rimanga alterato lo stato naturale del conduttore *DE* (*).

È questo, a mio giudicio, una specie di doppio *contraccolpo elettrico*. In sul primo uscire dell' elettrico dalla giara, supposta carica in più, si manifesta uno stato negativo sì nell' armatura esterna che nel conduttore *AB*, il quale perciò attrae una scintilla da *DE*. Finita la scarica cessa questo stato negativo, anzi l'armatura suddetta e l'annesso conduttore *AB* si rendono leggiermente elettrizzati in più e tendono a restituire a *DE* l' elettrico che questo richiama a sè; il che fanno effettivamente, per essere ancora aperto nell' aria il sentiero da *B* a *D*. Questa spiegazione è forse nel fondo quella stessa che vien data assai succintamente e alquanto oscuramente da Cavallo.

Molto analoghe a queste sono le scintille che scoppiano fra gli anelli di una catena collocata a poca distanza da una boccia che si scarichi; come pure la scossa che può provare una persona a cui passi vicino il fulmine. Solamente in diversi casi può il corpo analogo all' *ED* cominciare a ricevere elettrico dai corpi vicini al luogo della scarica, e restituirlo di poi.

1378. *Scintille moltiplicate.* Vicino a un conduttore di una macchina elettrica si ponga una serie di conduttori *A*, *B*, *C*, *D*, ec. (fig. 176), collocati a piccola distanza l'uno dall' altro e tutti bene isolati, ad eccezione del più lontano, il quale deve anzi essere in buona comunicazione col terreno. Fatta saltare con uno scaricatore una scintilla alquanto forte dal con-

(*) Cavallo, *Trattato completo di Elettricità*, p. 332.

duttore della macchina al conduttore A, veggonsi contemporaneamente altre scintille trascorrere gl'intervalli fra i suddetti conduttori A, B, C, ec.

In questa sperienza la scintilla salta al conduttore A a quel modo ch'ella salterebbe su qualsivoglia altro simile conduttore isolato; anzi ancor meglio, perchè lo smovimento del fluido naturale de' conduttori posteriori può qualche poco ajutare il primo a trarrè cotale scintilla. Questa, incominciata che sia, pone in perfetta comunicazione cotal conduttore collo scaricatore e col conduttore della macchina, e distribuendo uniformemente la tensione elettrica sino alla più lontana estremità del conduttor ricevente, fa che venga data un'altra scintilla al conduttore B; tutti e quattrò questi conduttori, comunicando in quell'istante insieme, ne danno una al C, e così successivamente.

1379. Io non so se alcuno siasi con diligenza occupato intorno alla somma totale delle lunghezze di cotali scintille. Trovo soltanto essere opinione di qualcuno che questa somma non superi la distanza esplosiva, corrispondente a quella tensione, fra due conduttori metallici uno elettrizzato e l'altro comunicante col terreno (*). Però io ho riconosciuto che almeno in molti casi ella è assai più grande L'ottengo, p. e., assai maggiore facendo che l'elettricità venga somministrata da una boccia di Leida, o da altra capacità molto grande, a conduttori isolati di forma allungata, come sono appunto quelli rappresentati dalla fig. 176, e procurando che il conduttore che accoglie la prima scintilla non incominci, avanti il salto di questa, a ricevere insensibilmente altra elettricità la quale poi si opponga a cotale prima scintilla. Colle quali avvertenze essa prima scintilla può ottenersi presso a poco uguale a quella data dalla boccia o dalla suddetta ampia capacità a un conduttore comunicante col terre-

(*) Priestley, *Histoire* ec. T. III, p. 430.

no; e le altre scintille possono aversi prossimamente uguali alla prima.

1380. Con queste scintille moltiplici si fanno diversi giuochi. Uno è quello del *tubo a spirale illuminata*. È questo formato da due tubi di vetro l'uno dentro l'altro, chiusi da due ghiere d'ottone terminanti in due palle *A* e *B* (fig. 177). Il tubo interno ha attaccata sopra la sua superficie esterna una serie spirale di piccoli pezzi tondi di foglia di stagno, posti alla distanza di circa un trentesimo di pollice l'un dall'altro. Se si tiene in mano una delle estremità di questo strumento e si presenta l'altra al conduttore della macchina, a ciascuna scintilla data da quest'ultimo appariscono tante scintillette fra tutti i menzionati pezzetti di foglia di stagno, e nell'oscurità lo strumento pare illuminato come da una linea di fuoco.

I piccoli pezzi tondi di foglia di stagno si sogliono anche collocare sopra lastre piane di vetro (fig. 178) in modo da rappresentare linee curve, fiori, lettere dell'alfabeto, ec.; i quali si rendono illuminati nel modo stesso del tubo poc'anzi descritto, cioè tenendo in mano una estremità della figura, e presentando l'altra al conduttore di una macchina in moto (1). Alcuni usano anche di saldare su d'una lastra di vetro delle listerelle di foglia di stagno formanti una continua linea serpeggiante, e di fare in questa delle incisioni trasversali con un temperino, le quali varcate dalle scintille mostrano nell'oscurità le desiderate figure (2). Volendo figure ove si intersechino più linee, si fanno alcune di queste su d'una faccia del vetro, e altre sulla faccia opposta.

1381. A questa classe di scintille possiamo riferire quelle straordinariamente lunghe che si facevano scorrere su di una tavola di legno inverniciata e sparsa

(1) Cavallo, *Trattato completo* ec., p. 406 e 407.
(2) Gehler's *Physik. Wörterb.*, art. *Flasche*, p. 391.

di limatura d'ottone, mediante la macchina dei due fisici olandesi Deiman e Paets van Troostwyk. In mezzo all'aria dava questa coll'elettricità positiva scintille lunghe da 11 a 12 pollici, e coll'elettricità negativa ne dava di quelle lunghe da 8 a 9 pollici. Ora sulla detta tavola di legno le scintille positive arrivavano sino alla lunghezza di 12 piedi: erano esse assai tortuose, e dagli angoli mandavan fuori molte scintille minori, che si suddividevano in rami ancora più sottili; di maniera che l'intera superficie della tavola era coperta da una rete di raggi, i quali nell'oscurità presentavano un'aggradevole mistura di luce gialla e verde. L'elettricità negativa dava su questa tavola delle scintille lunghe soltanto 6 piedi (1).

1382. Avendo Priestley fatta passare la scarica di una batteria lungo una catenella di rame, in tutti gli intervalli fra i diversi anelli apparvero delle scintillette assai vive che la fecero comparire luminosa nell'oscurità. E se essa pendeva liberamente in mezzo all'aria (ben inteso che l'estremità inferiore comunicasse con una delle armature, mentre la superiore comunicava coll'altra), le scintillette inferiori erano più grandi e più vivaci, e gradatamente più piccole le superiori, essendo le più alte appena visibili: il che egli attribuì all'essere gli anelli superiori tenuti più vicini fra loro dal peso degli inferiori (2). Cavendish osserva, analogamente a questo, che una scarica di debole tensione passa più facilmente attraverso a un dato numero di anelli di una catenella quando questi sono grossi e perciò pesanti, che quando essi sono piccoli (3).

Facendo passare la scarica d'una boccia di Leida per la doratura d'un libro, tutta questa doratura divien luminosa; però con molte scariche essa diventa

(1) Gehler's *Physik. Wört. neu bearb.*, art. *Elektrisirmaschine*, p. 461.
(2) Priestley, *Histoire* ec. T. III, p. 358.
(3) *Phil. Trans.*, 1776, p. 218.

incapace a un tale fenomeno, venendone rotte e troppo separate le parti (1).

Delle Scintille nell'aria diradata o addensata e in mezzi diversi dall'aria.

1383. *Scintille nell'aria diradata.* A proporzione che l'aria si fa più rara, basta alla scintilla una tensione gradatamente minore per saltare a una data distanza; tanto che in aria rarissima può bastare una tensione tenuissima.

Beccaria (2) dispose sotto il recipiente di una macchina pneumatica due verghette metalliche munite di due palle pur metalliche che diremo *B* e *C*, collocate alla distanza di un pollice e mezzo. Fatto il voto più esattamente che potè, e fatta arrivare una corrente elettrica alla palla *B*, vide trascorrere da *B* a *C* un raggio unico, continuato, uniforme, di colore rossiccio violetto, che alla luce della candela non si discerneva. Avevansi cioè delle deboli scintillette parziali sì frequenti, da non poterne più coll'occhio distinguere la discontinuità, congiungendosi fra loro le successive impressioni [Wheatstone riuscì a separarle, col far riflettere il raggio luminoso da uno specchio rotante, il quale ne mostrava in diversi luoghi dello spazio le successive distinte apparizioni (3)]. Avendovi poi lasciata entrare a poco a poco l'aria, un tale raggio acquistò primamente una specie di tremito che indicava la incominciante interruzione; poi mostrò una vera interruzione e una suddivisione in altri raggi, specialmente se la distanza si teneva maggiore; e corrispondentemente la luce si restringeva o assottigliava e si rendeva

(1) Priestley, *Histoire* ec. T. III, p. 151.
(2) *Elettricismo artificiale*, p. 222 § 522.
(3) *Phil. Trans.*, 1834, pag. 585.

più viva, sinchè finalmente quel primo raggio continuato e tranquillo degenerava in vivacissime scintillette visibili al chiaro del giorno; le quali aspettavano quegl'intervalli di tempo, affinchè la tensione crescesse ogni volta al segno da poter vincere la resistenza successivamente crescente dell'aria. Tenendo le due palle a distanza maggiore, nell'aria sommamente diradata il raggio interposto appariva meno uniforme e interrotto nel mezzo, e tanto più interrotto quanto più le palle erano a distanza maggiore.

1384. Nel voto barometrico, siccome più esatto, la luce si estende a uno spazio molto maggiore, come si è già veduto al § 1340. Avendo il Beccaria costruito un barometro d'un voto assai esatto terminato superiormente in una bolla del diametro di un pollice, e dando a questa delle scintillette, vedeva rilucere tutto lo spazio voto d'una luce tra il violetto e il porporino; la qual luce però sembrava che quanto eccedeva in ampiezza la scintilla esteriore, tanto minore avesse la vivezza. Scaricando una boccia di Leida lungo un doppio barometro ove il voto era similmente assai esatto (certamente però non esattissimo come quello di Walsh), venne illuminato ampiamente tutto lo spazio interposto fra le due colonne di mercurio e d'una luce tanto meno rossiccia e tanto più candida e più splendida quanto più le scariche erano forti; e questa luce era affatto istantanea, e se ne avevano scosse simili a quelle ottenute senza l'interposizione del voto (1). Introducendo l'una dopo l'altra delle bollicine d'aria, la luce prodotta dalle scariche della medesima boccia si andava riducendo alle sole parti vicine alle sommità *B* e *D* del mercurio (fig. 158), nelle quali parti però ella si rendeva successivamente più viva e di maggior durata: illanguidiva ella in vece e cessava nel luogo *C* di mezzo; e la scossa intanto si faceva gradatamente minore, e rimaneva nella boccia un residuo gradatamente maggiore (2).

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 224, § 525.
(2) *Ibid.* § 527.

1385. Vennero fatte su questo soggetto delle nuove sperienze da Snow-Harris (1). Egli adoperava un globo cavo di vetro *AB* (fig. 179), avente due colli chiusi da pezzi metallici, attraverso ai quali pezzi passavano due verghette metalliche terminate da due palle *C* e *D* pur metalliche che si potevano avvicinare l'una all'altra. E rarefacendo l'aria entro il vaso *AB* per mezzo di una macchina pneumatica, egli trovò che a pari distanza esplosiva le tensioni necessarie al salto della scintilla sono proporzionali alle densità dell'aria. In vece, essendo costante la tensione, trovò che le distanze esplosive sono reciprocamente proporzionali alle densità medesime.

Scaldando il recipiente *AB* per mezzo di un rivestimento metallico *FGH* (fig. 180) che egli poteva mettergli d'intorno e in cui poteva introdurre dell'aria riscaldata da una lucerna, essendo *AB* chiuso in modo che l'aria non vi si potesse dilatare, trovò che non si mutava punto la tensione corrispondente a una data lunghezza della scintilla. Il che egli riconobbe col far variare la temperatura da 50° F sino a 300° F (da + 10° C a + 148° $^{8}/_{9}$ C); e il riconfermò col lasciar uscire dopo il riscaldamento una parte dell'aria calda, e col lasciar raffreddare a poco a poco la rimanente, senza che ne potesse entrare di quella esterna: le temperature erano indicate da un termometro *E* a mercurio contenuto entro al vaso. Quando adunque l'aria sia in libera comunicazione coll'atmosfera, di maniera che il calore la possa dilatare, la tensione necessaria a una scintilla di data lunghezza varia di quel tanto che è voluto dalla variazione della densità di essa aria, cioè nella ragione di cotale densità (2).

Se nel recipiente testè menzionato l'aria fosse stata condensata, sia con un accrescimento di pressione ov-

(1) *Phil. Trans.*, 1834, p. 228 e seg.
(2) *Ibid.* p. 230.

vero con un abbassamento di temperatura, la tensione necessaria a una data lunghezza di scintilla si sarebbe senza alcun dubbio trovata maggiore, in ragione probabilmente dell' accrescimento della densità.

1386. *Scintille attraverso a mezzi aeriformi diversi dall'aria.* Per queste sperienze serve un vaso di vetro simile a quello menzionato poc' anzi, coll' aggiunta di una chiave o *robinet* al collo inferiore, la qual chiave dopo tolta l'aria, si chiude, e messane l'apertura in comunicazione col recipiente che contiene il gas da introdursi, si torna a riaprire, lasciando entrar nel vaso il detto gas in quella quantità che si vuole. Abbiamo già fatto cenno de' colori che presentano alcuni di questi gas (§ 1370). Aggiungeremo che la specie di tali colori e la loro vivezza debbono senza dubbio variare per un medesimo gas secondo ch' egli è più o men denso.

I vapori si possono cimentare nel modo che si è detto pel vapore d' etere (§ 1370). Relativamente a questi vapori, citeremo un fatto osservato da Beccaria, cioè che gli si scaricò una boccia di Leida attraverso al fumo dell' acqua forte con una scintilla lunga quattro pollici (*).

1387. *Scintille ne' liquidi.* Beccaria riempiva d' acqua un tubetto di vetro lungo sei pollici e del calibro di un terzo di linea, vi insinuava da ciascun de' capi un filo d' ottone, sino ad essere le estremità de' due fili a una distanza di un terzo di linea l'una dall' altra, e ve li sigillava con ceralacca. Fatta passare da essi fili una scarica, tragittava questa con uno scoppio sensibilissimo, però più debole che nell' aria libera: nel luogo dell' interruzione vedevasi una vivace scintilla; ed ivi il cannello veniva rotto pel tratto di circa mezzo pollice: i residui del cannello erano scagliati in parti opposte e i bricioli a distanze maggio-

(*) *Elettricismo artificiale*, p. 260, § 616.

ri (1). Colla scarica di due sottili quadri, formanti un' estensione armata di 400 pollici quadrati, venne rotto un cannello grosso due linee e del calibro di non più di $^1/_3$ di linea, e ne furono gettati i pezzi alla distanza di 20 piedi; e ne vennero rotti perfino di quelli grossi otto o dieci linee (2). Fece Beccaria diverse altre sperienze su queste scintille, le quali si possono vedere nelle sue opere (3).

Priestley ottenne molte vivissime scintillette in una catenella metallica tenuta sospesa entro l'acqua e fatta percorrere dalla scarica di una batteria; una parte dell'acqua fu gettata fuori, e il vaso venne scosso (4).

Beccaria ottenne delle scintille anche attraverso all'olio (5).

1388. *Scintille ne' solidi.* Abbiam veduto a p. 576 come si possa far passare la scintilla attraverso a certi legni soffici. Può essa in molti altri casi farsi passare attraverso ai solidi, i quali però in generale, se presentano della resistenza, vengono spezzati o traforati. Ma di questi effetti parleremo nel Capo XII.

1389. *Scintille alla superficie di alcuni solidi e liquidi.* Mentre Priestley si occupava in ricerche elettriche di tutt'altro genere, gli accadde di osservare che posando su di un pezzo di carne cruda una catenella metallica comunicante coll'esterno di una batteria, e scaricando questa su di un punto della medesima carne situato a parecchi pollici di distanza, la scintilla non si internò già nella carne quantunque conduttrice, ma trascorse sulla superficie di essa, per un tratto che sulle prime fu lungo sette pollici e che poscia fu recato sino ad undici pollici (6).

(1) *Elettricismo artificiale*, p. 250, § 588.
(2) *Lettere sull' Elettricismo*, pag. 74 e 75. — Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 381 e 382.
(3) *Elettricismo artificiale*, p. 252. — *Lettere sull' Elettricismo*, p. 81 e 82. — Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 383.
(4) Priestley, *ibid.* T. III, p. 365.
(5) *Nuovi sperimenti per confermare ed estendere la Meccanica del Fluido elettrico*, § 13 e 53. Torino, 1780.
(6) Priestley, *Histoire* ec. T. III, p. 375.

Un siffatto trascorrimento superficiale lo ottenne Priestley in molti altri casi, cioè:

1.° Sulla superficie dell' acqua pura. La scintilla venne accompagnata da uno strepito sommamente forte; e ciò avvenne più o meno in tutte le altre sperienze di questa specie, ad eccezione di un caso unico (V. il n. 7.°). Priestley notò altresì che se durante l'esplosione si trovava immersa nell' acqua una mano, questa sentiva una concussione superficiale diversissima dalla commozione che si prova quando la scarica passa nell' interno delle nostre membra.

Egli ottenne il fenomeno sì allorquando i conduttori comunicanti colla batteria erano entrambi sollevati dall' acqua, come quando erano immersi o l'uno o l'altro o tutti e due: giacchè anche in quest' ultimo caso, se la distanza non era troppo grande, la scarica preferiva sempre la superficie dell' acqua, e faceva anzi su questa un cammino maggiore dell' intervallo che separava sott' acqua i due conduttori. E se mentre essi conduttori erano sollevati dall' acqua si ponevano delle goccie di questo liquido alle loro estremità, la scintilla poteva partire da molto maggiore altezza per venire alla detta acqua sottoposta e trascorrere quindi su questa (1).

Quando però la distanza fra i due conduttori superava i sette od otto pollici, la scintilla entrava nella massa dell'acqua, alla quale, supposto fuori di essa il conduttore positivo, ella saltava con un romore sordo. E allora si vedeva sulla superficie dell' acqua, intorno al punto ove scendeva la scintilla, una stella formata di dieci o dodici raggi, de' quali erano più lunghi degli altri quelli che si dirigevano al conduttore negativo (2).

Insegnò Singer una facile maniera per ottenere questa scintilla superficiale sull' acqua. Con una penna bagnata d' acqua si segni, dic' egli, sopra una lastra di vetro una linea lunga sei pollici, un' estremità della quale venga posta in comunicazione coll' armatura esterna di una boccia carica, e l' altra bagni uno de' capi dello scaricatore. Avvicinato l'altro capo all' armatura interna, la scarica attra-

(1) Priestley, *Histoire* ec. T. III, p. 377, 378, 383, 384.
(2) *Ibid.* p. 378, 394.

verserà tutto l' intervallo de' sei pollici d' acqua in forma di una scintilla (1). Ma tornando a Priestley, ottenne questi altresì il fenomeno (2):

2.° Sulla pasta molle. In questa rimase un solco sotto il cammino della scintilla.

3.° Sul ghiaccio. In esso formossi pure un solco, ma non uniforme, cioè quale avrebbesi avuto da una catena metallica a corti anelli posatavi calda.

4.° Su d' una verde foglia vegetale. Questa venne rotta in due direzioni, con una rottura cioè più lunga giusta il sentiero della scintilla, e un' altra più corta per traverso.

5.° Su tavole di legno prima bagnate, poi asciugate, e subito dopo sottoposte alla sperienza: però il fenomeno due ore dopo non riusciva più. Così pure una vescica stata bagnata un quarto d'ora prima e che pareva già secca, mostrò il fenomeno; ma non più due o tre ore dopo.

6.° Sui fluidi animali, p. e. sul latte, sul bianco e sul rosso d' un uovo, sì appena rotto quest' uovo, come dopo un giorno o due, allorquando esso si era coperto di una pellicola solida: e su cotali fluidi lo strepito fu maggiore che sull' acqua pura.

7.° Sull' acido solforico; nel quale si ebbe una scintilla di color rosso accompagnata da un rumore sordo. E questo fu il solo caso in cui il fenomeno siasi mostrato a Priestley con siffatte circostanze: negli altri casi la scintilla superficiale era sempre di un vivo splendore e d' uno strepito assai forte, più forte che non fra due conduttori metallici.

Tentata col metodo di Singer, la scintilla sul detto acido si ottiene con una semplice boccia, e d' una lunghezza di 12 pollici.

8.° Sullo spirito di vino rettificatissimo senza infiammarlo. Tentando però la sperienza a troppo grande distanza, la scintilla entrava nel liquido e lo accendeva.

9.° Sulla superficie d' un pezzo di pietra di paragone.

10.° Su d' un pezzo di miniera di ferro: in esso la scintilla seguì il giro delle parti angolose (4).

(1) Singer, *Elementi di Fisica e Chimica elettrica*, p. 121.
(2) *Histoire* ec. T. III, p. 385 . . . 395.

Un tale ripiegamento della scintilla si ottenne anche su foglie verdi (di cavolo, a quel che pare dal contesto), tagliate in guisa da presentare degli spigoli retti ed acuti attraverso al sentiero di essa scintilla. Questa girò intorno a cotali spigoli, senza staccarsi minimamente dalla superficie della foglia nè essere minimamente trasportata innanzi nell'aria per la già concepita velocità, ma movendosi rasente il lato successivo, come se fosse partita dalla sommità dello spigolo medesimo. Diede in vece segno d'essere attratta dalle vene della foglia, ovunque avvenne ad essa scintilla di incontrarne (forse piegandosi affine di avvicinarsi loro per una più breve via) (*).

11.° Ricusò all'incontro essa scintilla di passare sul vetro anche recentemente fabbricato (s'intende la scintilla più lunga dell'ordinario, giacchè quella di lunghezza comune vi passa ogni volta che si ha scarica spontanea nelle bocce di collo non inverniciato); fece ella lo stesso sul salgemma, sull'allume di rocca e su diversi sali, come pure su di un pezzo di agata liscio, quantunque tutti abbiano una superficie mediocremente conduttrice: lo stesso fu del legno secco, del cuojo secco, della coperta liscia di un libro. Neppure passò sulla superficie del mercurio, nè del piombo fuso, nè di altri metalli, nemmeno dopo bagnati; giacchè l'elettricità penetrava subito dentro il metallo.

12.° In tutte queste sperienze poi, affinchè la scintilla passasse sulla superficie, trovò Priestley necessaria una gran copia di elettricità: non era, p. e., sufficiente la scarica di tre piedi quadrati di superficie armata. E crede che la lunghezza della scintilla superficiale cresca in proporzione della carica, e che perciò egli avrebbe ottenuto effetti maggiori se avesse avuto a sua disposizione delle cariche più forti.

1390. Beccaria, il quale pure si occupò assai di questi fenomeni, crede che nell'acqua e negli altri liquori e ne' corpi umidi, una porzione del liquido superficiale venga dalla scarica ridotto in vapore, nel quale stato dia all'elettricità un cammino facilissimo; e che per conseguenza una tale elettricità passi per molta parte da esso vapore e

(*) *Phil. Trans.*, 1769, p. 64.

per poca parte attraverso al liquido o al corpo umido, proporzionatamente alle attitudini rispettive di queste due vie a dar passaggio all'elettrico (*). Ed ecco in qual modo, seguendo le idee di questo illustre fisico, io spiegherei una tale luminosa corrente superficiale. Comincia a saltare sul liquido o sul corpo umido una prima porzione d'elettrico in forma di scintilla, facendo evaporare al suo ingresso un po' di liquido, e ringorgandosi alquanto, attesa la resistenza che incontra a penetrar nell'acqua o nel corpo umido, ma poscia pur penetrando, e dirigendosi verso l'altro conduttore metallico comunicante coll'esterno della batteria. Una seconda porzione d'elettrico, trovando l'aria già dilatata e formato un po' di vapore, si espande un po' più, specialmente dalla banda del conduttore negativo, verso cui trova più facile il cammino tragittando per quel vapore e per quell'aria dilatata, che non passando pel liquido. Più ancora s'allarga da essa banda una terza porzione, facendo alquanto cammino superficialmente, ma in fine penetrando anch'essa. E così di seguito, fino a che o venga raggiunto il medesimo conduttore negativo se questo arriva al liquido, ovvero, se esso non vi arriva, venga incontrata un'altra corrente determinata nella superficie del liquido e nell'aria interposta dall'attrazione di esso conduttore verso l'elettrico. E allora tutto il rimanente della scarica segue la via superficiale. Intanto l'aria dilatata e il vapore formatosi respingono con gran forza, come ben nota il Beccaria, tanto l'aria sovrapposta, quanto il liquido o il corpo sottoposti; e di qui la menzionata concussione nella mano immersa, e il solco nella pasta molle.

Simile spiegazione può darsi della scintilla e del solco sulla neve. In quanto al ghiaccio, opina Beccaria che abbia luogo un po' di fusione.

Il maggiore strepito che si ha in queste scariche nasce al certo dalla maggiore quantità d'aria che viene spinta via, in paragone delle scintille scoccanti in mezzo all'aria.

Sulla pietra di paragone e sulla miniera di ferro stima il Beccaria che la scarica superficiale sia favorita da una volatilizzazione di parti metalliche; il che egli deduce dal

(*) *Elettricismo artificiale*, p. 255 § 599 e seg.

vedere il sentiero tortuoso della scintilla segnato da una traccia, alquanto rosseggiante nella pietra e cenerognola oscura nella miniera (1).

Ne' metalli manca la scintilla superficiale, perchè l'elettrico trova più agevole il penetrare e il camminare entro la loro sostanza. Manca in diverse pietre, perchè non può effettuarsi quell' evaporazione superficiale.

1391. Snow-Harris (2) trova che il trascorrimento dell'elettricità ordinaria o delle macchine alla superficie dei corpi si effettua molto più facilmente nell' aria rarefatta che in quella densa. Una scarica di 25 piedi quadrati di vetro armato fatta passare attraverso a un sottil filo di ferro contenuto in un recipiente votato d'aria, non produsse in esso filo verun effetto, ma trascorse (almeno in gran parte) alla sua superficie con vivissima luce. Lasciata entrar l' aria, il filo si fuse colla sola scarica d'una giara di 5 piedi di armatura.

L' elettricità però di debolissima tensione, qual è quella della pila Voltiana, non ha forza di trascorrere sulla superficie, nemmeno quando l' aria sia assai rara (esigendo una maggior tensione per esser comunicata a quest'aria); ma scorre nell' interno de' fili metallici, come quando l'aria è densa; e questi fili possono venirne arroventati, senza dubbio in grazia della maggior durata della corrente.

CAPO XI.

PROPAGAZIONE DELL' ELETTRICO PER MEZZO DEL POTERE EMITTENTE ED ASSORBENTE DELLE PUNTE

Azione delle punte nell'aria comune.

1392. *Azione emittente delle punte: Fiocco elettrico.* Adattando una punta metallica al conduttore positivo di una macchina elettrica, e mettendo questa in

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, § 602 e 603.
(2) *Phil. Trans.*, 1834, p. 242.

moto, l'elettrometro annesso a un tale conduttore si tiene assai più basso che senza essa punta, salendo, p. e., a soli dieci o quindici gradi, quando senza la punta andrebbe sino a quaranta o a cinquanta. Il che nasce da un' abbondante perdita d'elettrico che si fa da questa punta, di mano in mano che la macchina va caricando il conduttore. Addensandosi in fatti l'elettrico assai più fortemente su cotale punta che non su qualsivoglia altro luogo della superficie del conduttore (p. 114), acquista ivi l'elettrico assai presto una forza sufficiente per passare senza contrasto nell'aria contigua; e quest'aria a proporzione che riceve di un siffatto elettrico se ne fugge nella direzione del prolungamento della detta punta, lasciando sottentrare altra aria dalle parti posteriori e laterali, la quale nuova aria giunta all'estremità della punta si elettrizza anch'essa e viene respinta all'innanzi; e così essa aria va continuamente ricevendo e via trasportando l'elettrico che la macchina somministra al conduttore.

Tanto più depresso rimane l' elettrometro quanto più la punta è acuminata e sporgente. E se ad essa punta noi avviciniamo la mano o altro conduttore, l'elettrometro scende ancor più, venendo con questo avvicinamento chiamata sulla punta una quantità maggiore d' elettrico e facilitata la diffusione. Qualunqne però sia l' acutezza della punta e la vicinanza del conduttore straniero, non lascia mai l'elettrometro, anche a quadrante, di alzarsi di qualche grado.

1393. Eseguendo l'indicata sperienza nell'oscurità, si scorge sulla punta suddetta una particolar luce, detta il *Fiocco elettrico*, la quale su di una punta smussata, che è dove essa si osserva nel miglior modo, ha l'apparenza seguente. Consiste ella in un fascetto conico di raggi lunghi otto, dieci, dodici o più linee dipartentisi dalla punta suddetta, accanto alla quale essa luce elettrica ha la massima intensità, e di là l'elettrico si va suddividendo in raggi divergenti sempre più nu-

merosi e proporzionatamente più sottili e più languidi, sinchè al termine della detta lunghezza scompajono (fig. 181): nè questi raggi sono perfettamente continuati, ma badando attentamente si veggono interrompersi e succedersi a brevi intervalli. A tali successive ed interrotte ripetizioni corrisponde poi uno stridore, ovvero una serie di rumoretti assai vicini, ma pure disgiunti gli uni dagli altri; i quali certamente procedono dall' aria scacciata dal sentiero dell' elettrico, e mostrano coll' interruzione loro che anche l' aria viene scacciata ad intervalli. E tale interruzione è tanto maggiore quanto più smussata è la punta metallica; per modo che quand' ella è molto ottusa e si trova assai vicina al corpo a cui l'elettrico va poi trapassando, il fiocco degenera in una serie di scintillette sensibilmente disgiunte l' una dall'altra. Per l' opposto a proporzione che la punta è più acuta, i raggi componenti il fiocco sono meno divergenti, più corti e più continuati, e lo stridore si cambia in un sibilo più tenue, più unito, più acuto (1).

L' interruzione nella luce del fiocco la riconobbe anche Wheatstone, col presentare il detto fiocco dinanzi ad uno specchio girante (2); inoltre egli osservò che i diversi separati sprizzi non sono sì passeggieri come le scintille, ma hanno una sensibile durata (per altro dal processo adoperato non è ben chiaro s' ei parli veramente del *fiocco* ovvero della *stelletta;* io crederei che quanto egli dice valga per entrambi). Non dichiara egli poi, se ciascuna separata emissione di luce sia formata da più raggi contemporanei, ovvero da più raggi successivi l' un de' quali incominci con una nuova direzione all' istante che cessa l'altro, ovvero anche da un unico raggio il quale muti direzione da uno sprizzo all' altro.

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 37, § 113.
(2) *Phil. Trans.*, 1834, p. 586.

Ecco in qual modo io darei ragione di questa luce, nel supposto che non risplenda ad una volta che un unico raggio, come vogliono i due ultimi supposti; il che se non sempre, dee però aver luogo in moltissimi casi. A mio giudicio il fluido elettrico non incomincia a spicciar con luce da una punta o smussata o acuta, se non giunto a una densità colla quale possa vincere la resistenza dell'aria: giunto a questo segno, e dal luogo della punta ove è più denso comunicatasene alcuna porzione alle molecole d'aria contigue, comincia una sottil corrente a inoltrarsi nell'aria per alquanto spazio; la qual corrente viene alimentata per qualche tempo dal conduttore cui è annessa la punta, cessando l'afflusso da questo soltanto allorquando la resistenza che il filo elettrico inoltratosi trova al suo ulteriore avanzamento, fa equilibrio col residuo della forza scagliante esercitata dall'elettrico rimasto nel conduttore. Cessa allora quel filo, e ne incomincia con altra direzione un secondo o subito finito il primo, o dopo un piccolo intervallo di tempo, allorquando l'elettricità ha riacquistato un sufficiente grado di forza.

Sono più brevi le interruzioni nelle punte più acute, perchè basta a queste una minor tensione pel rinnovamento di ciascuno sprizzo (*). E la maggiore brevità de' raggi nasce, cred'io, dall'esser minore la copia dell'elettrico uscente in ciascuno sprizzo, e dal non potere perciò progredire che a più breve tratto.

1394. *Azione assorbente delle punte.* Adattando una punta al conduttore negativo d'una macchina elettrica, si osserva un effetto quasi somigliante a quello vedutosi pel conduttore positivo. Rendendosi infatti fortissima la deficienza su di essa punta, rapisce questa il fluido naturale all'aria contigua, e la respinge all'innanzi, e segue a far lo stesso coll'aria che gra-

(*) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, pag. 347, § 821.

datamente sottentra dalle parti posteriori e laterali, e così fa riacquistare continuamente al conduttore buona parte di quell' elettrico che questo dà ai cuscinetti, nè mai lascia che l'annesso elettrometro salga a una forte tensione negativa. E anche qui l'essere la punta più acuminata e sporgente, o l'avere dinanzi e a poca distanza de' conduttori non isolati fa che l'elettrometro stia maggiormente depresso.

Nell'oscurità un tale assorbimento d'elettrico si mostra accompagnato da un'apparenza luminosa alquanto diversa dalla precedente e appellata la *Stelletta*. È questa una luce visibile sulla punta metallica, ove comunemente non s'estende che a brevissima distanza anche quando la punta è smussata, talchè molti la distinguono col nome di punto lucido. Essa sibila alcun poco, ma ad altre cose pari meno del fiocco. E in essa non si discerne quasi veruna interruzione (*).

Io spiegherei una siffatta apparenza nel modo seguente. La punta, arrivata che sia a una sufficiente tensione negativa, comincia a trarre una minima scintilletta da una o più molecole d'aria contigue; queste fattesi deficienti ne traggono altre da altre molecole successive, queste da altre ancora; e così di seguito, smovendosi una corrente elettrica verso la punta in forma di un sottile e corto filo luminoso, il quale cessa di progredire innanzi allorquando la forza con cui il conduttore puntuto chiama a sè elettrico non basta più a superare la resistenza con cui le molecole dell'aria cercano di trattenere l'elettrico medesimo. Ma dopo brevissimo intervallo rinasce forza bastevole per un nuovo filo luminoso, quindi per un terzo ec.; i quali fili venendo da varie bande in intervalli di tempo estremamente piccoli, costituiscono in apparenza un fascetto di minimi raggi divergenti.

1395. *Azione delle punte elettrizzate per induzio-*

(*) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 37, § 114.

ne. L'emissione e l'assorbimento dell'elettrico si possono ottenere anche col presentare ai conduttori punte metalliche non isolate. Presentata una punta a un conduttore elettrizzato in più, l'elettrometro annesso a questo si abbassa notabilmente; e all'oscuro la punta mostra la stelletta. E ciò avviene perchè essa punta, elettrizzandosi fortemente in meno per induzione, toglie del fluido naturale alle molecole d'aria contigue, e le respinge le une dopo le altre verso il conduttore elettrizzato, al quale in vece sono esse attirate; e a proporzione che esse vi giungono a contatto, riprendono da lui la quantità d'elettrico perduta, e ne deprimono la tensione.

Presentando in vece una punta a un conduttore elettrizzato in meno, si elettrizza essa per induzione in più, e comunica dell'elettrico alle molecole d'aria contigue, mostrando nell'oscurità il fiocco; e queste molecole d'aria portandosi le une dopo le altre a contatto del detto conduttore elettrizzato in meno, gli cedono quest'elettrico, e lo rifanno in gran parte della sua deficienza.

E questi due effetti delle punte presentate, di togliere cioè o di dare elettrico, tanto meglio succedono quanto più esse sono acuminate e quanto più vengono recate vicino al conduttore. Qualunque però ne sia la distanza, il conduttore conserva sempre una porzione della sua carica; giacchè quando questa è divenuta debolissima, non può più cagionare nelle punte una sì forte elettricità indotta da potere questa trapassare a forza nelle molecole d'aria contigue.

Sarebbe da vedere se l'aria che dalle punte va al conduttore elettrizzato, rimanga qualche tempo colla sua elettricità contraria intorno al medesimo, dissimulando lo stato di lui, specialmente se ella è molto asciutta; oppure se immediatamente gli trasmetta questa sua contraria elettricità. Gioverebbe fare delle sperienze con qualche fumo elettrizzato, imitando e variando quella che fece Beccaria col fumo di colofonia (p. 552).

1396. *Differenza fra la facoltà assorbente e la emittente.* Io ho trovato da diverse prove che a parità di circostanze la facoltà assorbente delle punte supera la facoltà emittente.

A un conduttore cilindrico orizzontale isolato ho unito dall'un capo una punta metallica, e dall'altro un elettrometro a quadrante (fig. 182); quindi l'ho elettrizzato in più e l'ho lasciato a sè stesso. Scese il pendolo rapidamente fino a $+6^{o}$ apparenti, e quivi si fermò, cessando la diffusione rapida che si operava per mezzo della punta, e sottentrando quella lenta operantesi su tutta la superficie del sistema e già da noi considerata più addietro. Senza nulla cambiare nella disposizione dell'apparecchio, ho elettrizzato questo in meno; e ho veduto l'elettrometro scender rapidamente sino a $-4^{o}\ {}^{1}/_{2}$, e quivi fermarsi. Ripetei le due prove, dopo avere diminuito lo sporgimento della punta, col mandarne la base più addentro nel foro aperto in quell'estremità del conduttore; e in quest'ultimo, dopo il decadimento rapido dell'elettrometro, rimase una tensione maggiore di prima, sì per l'una che per l'altra elettricità, ma rimase tuttavia più grande quella dell'elettricità positiva. Ecco i risultamenti avuti: i numeri esprimono le tensioni rimaste dopo il decadimento rapido.

Colla punta molto prominente	$+6^{o}$	$-4^{o}\ {}^{1}/_{2}$
Con una prominenza minore	$+7\ {}^{1}/_{2}$	$-5\ {}^{1}/_{2}$
Con una prominenza ancor minore	$+10$	$-7\ {}^{1}/_{2}$

Ho tolta all'apparecchio la punta, e in vece gliel'ho presentata a una piccola distanza, posta su di un conduttore comunicante col terreno. Data dell'elettricità positiva al conduttore isolato, l'elettrometro scese di moto rapido sino a $+6^{o}$, ove si trattenne per continuare la discesa lentamente. Elettrizzato esso conduttore in meno, la discesa dell'elettrometro con-

tinuò rapida sino a — 8°, dopo di che divenne lenta. I quali due risultamenti concorrono co' precedenti a dimostrarci che a parità delle altre circostanze è maggiore nelle punte la facoltà di assorbire l' elettrico che quella di emetterlo; e precisamente che la tensione necessaria all' emissione rapida e quella necessaria al rapido assorbimento stanno nell' aria comune prossimamente come 4 a 3.

Questa conclusione combina con quanto avevamo già trovato per riguardo alla dissipazione lenta dell'elettricità, colla sola differenza che in quella la sproporzione dall' una all' altra elettricità era maggiore.

1397. Ho variata la prima maniera di prove, usando punte d'altra natura; e in tutte l'elettricità negativa si disperdette più facilmente che la positiva. Le punte cimentate furono d' oro, d' argento, di platino, di acciajo, d' ottone, di zinco, di carta bagnata d' acqua, di vetro bagnato d'acido solforico, di vetro bagnato con una soluzione d' idroclorato di calce.

Ho ripetute cotali sperienze nell' acido carbonico, e coll' ajuto di un chimico mio amico le ho estese all'ossigeno, all' idrogeno, al cloro, all' azoto; e in tutti, dopo la diffusione rapida, l'elettricità negativa lasciò minor residuo che la positiva (*).

1398. Da queste sperienze si scorge altresi che la diffusione rapida dell' una e dell' altra elettricità è separata per salto dalla diffusione lenta. Colla diffusione rapida l' elettrometro discende di molti gradi in pochi istanti, p. e. dai 20° ai 6°, facendo uno o più gradi ad ogni minuto secondo; terminata questa diffusione rapida, e giunto lo strumento, p. e., a 6°, si ferma esso ad un tratto, impiegando non già un secondo, ma uno o più minuti primi a fare un sol grado. Pare che nel primo modo di diffusione l'aria venga forzata

(*) *Biblioteca Italiana*, T. LXXXV, p. 416; T. LXXXVI, p. 276.

o a ricevere dai corpi o a cedere loro elettrico, senza che la sua facoltà coibente possa in verun modo impedirlo; e che nel secondo modo la facoltà coibente basti a resistere a questo trapasso, e non riesca l'elettrico a ottenerlo, se non quasi eludendo quella facoltà coibente, aspettando, p. e., che vengano a contatto di tanto in tanto delle molecole di vapore acqueo. Però, come dicemmo al § 1335, sulla diffusione lenta v' è ancora a studiare.

Io stimo che in quanto all' accumulamento dell' una o dell' altra elettricità, necessario a incominciare la corrente elettrica, e in quanto al modo con cui questa incomincia, non vi sia alcuna differenza dalla scintilla alla rapida diffusione dalle punte. La diversità si avrebbe solamente nell' inoltrarsi della corrente, venendo questa nell' un caso a perdersi nell' aria, come un ruscello d'acqua in un terreno sabbioso, e nell' altro caso arrivando in forma luminosa sino a un altro corpo, col quale si stabilisce poscia una via conduttrice. E all' essere i raggi della stelletta più corti e più frequenti di que' del fiocco, concorre al certo in qualche parte il poter le punte assorbire più facilmente l' elettrico che emetterlo.

1399. *Variazioni nel Fiocco e nella Stelletta.* Abbiamo già veduto che nelle punte più acute il fiocco riesce più ristretto (§ 1393). Ora è da vedere qual differenza vi produca la forza dell' elettricità.

Quando le punte sono smussate, il fiocco si estende a tanto maggiore lunghezza, quanto più forte è l'elettricità (1): Di che si ha un notabile esempio nella macchina di Harlem, dalla quale si ottiene un fiocco lungo sino a 16 pollici (2).

Quando in vece la punta è acuminata, il rinforzarsi dell'elettricità fa che il fiocco divenga più corto e pigli l'apparenza di stelletta. Però questo fiocco accorciato fischia più fortemente che l' esteso, mostra nel suo breve tratto

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 347, § 822.
(2) Gehler's *Physik. Wört.* ec. art. *Elektrisirmaschine*, p. 460.

una luce più intensa, e scaglia a distanza maggiore il venticello imbevuto della sua elettricità (1).

Si può però richiamare questa falsa stelletta alla sua vera forma di fiocco ristretto col frapporre una cartolina o un briciolo di cera molle fra la punta e il conduttore cui questa è annessa, di maniera che il fluido elettrico incontri qualche difficoltà nel trapassare dall' uno all' altra; ovvero col rallentare il movimento della macchina (2).

La trasformazione del fiocco in stelletta spuria l'osservò altresì il Beccaria spessissime volte nelle punte anche grosse e smussate de' suoi apparecchi per l'elettricità atmosferica, nell' istante che scoppiavano saette; il che egli attribuisce alla somma forza dell'elettricità temporalesca (3). Però questa spiegazione sarebbe bene verificarla.

Il fiocco può infine pigliare la forma di stelletta su di una punta smussata, col presentare a questa una punta acuta ad assorbire l'elettrico (4).

1400. E viceversa può la stelletta venire modificata in fiocco spurio. E ciò primieramente nelle punte smussate ove l'elettricità negativa sia molto forte. Deimau e Paets van Troostwyk osservarono che quando a un globo del diametro di 12 pollici, mantenuto elettrizzato in più da una loro potente macchina, veniva presentata una palletta del diametro di un quarto di pollice, si aveva su questa un fiocchetto della larghezza e della lunghezza di due pollici (5).

In secondo luogo si trasforma la stelletta in fiocco quando l'assorbimento dell' elettrico si fa da conduttori non ottimi o da punte assai smussate. Presentando la nocca d'un dito al di sotto dello scudo di un elettroforo, alzato dalla stiacciata carico in più, io ottengo in esso dito un fiocchetto della lunghezza di un quarto di pollice. Così abbiamo de' fiocchetti se a un globo di vetro strofinato o a un conduttore elettrizzato dal medesimo noi presentiamo l'anello di una chiave, il contorno di uno scudo, un pezzo

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 347, § 824.
(2) *Ibid.* § 822.
(3) *Ibid.* § 823.
(4) *Ibid.* p. 41, § 120.
(5) Gehler's *Wört.*, ec., art. *Elektrisirmaschine*, p. 461.

di legno verde, l'estremità di una corda bagnata, un pezzo di carbone, de' pannilini, ec. (1).

Si ha finalmente un'apparenza di fiocco su d'una punta elettrizzata in meno, allorquando questa è smussata e viene presentata ad un'altra pure smussata da cui emani il fiocco ordinario. Beccaria usava due verghette d'ottone del diametro di una linea e mezza e rotondate alle estremità, faceva spicciare da una di esse un vivace fiocco di elettricità positiva, e vi appressava obbliquamente l'altra: con ciò egli vedeva i raggi del fiocco della prima verghetta rendersi sensibilmente men divergenti e ripiegarsi verso la seconda, come per venire a raccogliersi sulla punta di questa; svanivano essi però a certa distanza dalla detta prima verghetta, e indi in vicinanza della seconda ricomparivano di nuovo e si riunivano sulla sua punta a modo di fiocco (2).

1401. Queste luci, cioè tanto il fiocchetto quanto la stelletta, si estinguono col presentare dinanzi alle punte un corpo coibente concavo, qual sarebbe un ampio cucchiajo di vetro, in guisa che la punta entri dagli orli. Il vaso arresta, se non altro, l'aria elettrizzata, e la punta cessa dal comunicarle la sua elettricità (3). Cessano similmente queste luci col rivolgere indietro le dette punte verso il conduttore a cui sono annesse. E mancano pure quando le punte, sebbèn volte all' infuori, si trovano internate entro una concavità del conduttore medesimo.

Diminuiscono le luci medesime di vivezza o anche cessano col presentare loro dinanzi un corpo elettrizzato similmente, o col recare dalla banda della lor base un corpo elettrizzato contrariamente. E all' opposto si ravvivano col presentare dinanzi un corpo elettrizzato contrariamente, o al di dietro uno elettrizzato omologamente.

1402. I raggi del fiocco mutano facilmente dire-

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 351, § 830.
(2) *Ibid.* p. 40, § 119.
(3) *Ibid.* pag. 339, § 800.

zione col presentare un corpo straniero non isolato, piegandosi essi in modo da rivolgersi verso questo.

Se in vece la punta è unita obbliquamente a un conduttore elettrizzato, il fiocco in luogo di spicciare nella direzione dell'asse della punta, si ripiega verso l'infuori, siccome ripulso dal detto conduttore (1).

1403. La diffusione luminosa dell'elettricità ha luogo anche da superficie non puntute; ma allora ha bisogno di tensioni sommamente energiche. Deiman e Paets van Troostwyk mediante una poderosa macchina ottenevano da una palla del diametro di due pollici un fiocco lungo da 9 a 10 pollici; Pfaff, con un'altra ottima macchina, da una palla di pollici 4 1/3 di diametro aveva un fiocco lungo 16 pollici e largo 14 (2).

Osserva Canton (3) che strofinando de' tubi di vetro lisci con della morbida seta oliata, scoppia qua e là dalla loro superficie un gran numero di fiocchetti a ciascuno sfregamento.

1404. Si può riferire a queste apparenze luminose la luce che appare intorno a un filo metallico sottilissimo tenuto in mano e comunicante con una palla metallica isolata a cui venga scagliata una scintilla (4); così pure quella assai estesa che cinge talora i fili metallici de' cervi volanti innalzati per esperienze elettriche, allorchè nell'atmosfera regna una forte elettricità temporalesca; quella onde rilucono i tetti delle case, i ruscelli, ec., ove scoppia il fulmine (5); quella del fuoco di S. Elmo, di cui parleremo nel Capo XIII. Alle stesse apparenze, e probabilmente a quella del fiocco pajono da riferirsi le scintillette che si ottengono talvolta dallo strofinamento degli animali, p. e.

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 339, § 802.
(2) Gehler's *Wört.* ec., art. *Elektrisirmaschine*, p. 461 e 464.
(3) *Phil. Trans.* T. XLVIII, p. 782.
(4) Singer, *Elementi* ec., p. 65.
(5) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 253, § 593.

strigliando un cavallo, accarezzando il dorso di un gatto (nel qual caso il fenomeno è assai frequente), pettinando una donna, ec. (1). E analoghe ai fili del fiocco io stimo altresì le ramificazioni che si osservano nelle grandi scintille delle forti macchine, dalle quali ramificazioni non sembrano differire che per una maggiore semplicità le particelle luminose osservate da Wilke (p. 573).

1405. *Osservazione di De Luc.* Mediante una macchina elettrica caricava questi lentamente una giara armata; e un elettrometro annesso a quest' ultima saliva a poco a poco sino a ventotto o trenta de' suoi gradi; ma a questo punto, seguitando tuttavia a muover la macchina, cominciava un continuato fischio, e insieme ad esso, fatta la sperienza nell' oscurità, si vedeva un largo sprizzo luminoso di colore violetto uscire dall' orlo del disco di legno che copriva la giara, e dirigersi verso l'armatura esterna di questa, nella figura di una lamina d' acqua uscente dall' orlo di un bacino; e con ciò l' elettrometro tornava a scendere a ventisei o ventisette gradi, e quivi rimaneva fisso. Però cessando dall' elettrizzare, e scaricando la giara, e quindi ricominciando la sperienza, il fenomeno si otteneva ordinariamente di nuovo, e ciò più volte di seguito; alla fine però, nell' istante della massima elevazione dell' elettrometro, una scarica spontanea scaricava la giara per intero (2).

Noi qui veggiamo che la dissipazione dell' elettrico mediante il fiocco, la quale non poteva incominciare che fra 28° e 30° dell' elettrometro di De Luc, dopo incominciata seguitava sino ad una tensione alquanto più bassa. Pertanto anche in questa terza maniera di

(1) Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 242.
(2) *Idées sur la météorologie*, Paris, 1787. T. I, Part. II, pag. 522.

propagazione il passaggio dell' elettrico nell' aria facilita la via ad altro elettrico successivo.

1406. *Punte moltiplicate.* Trovandosi adattate a un corpo elettrizzato diverse punte vicine l'una all'altra e colle sommità in un solo piano, l'effetto di esse per emettere o per assorbire l'elettrico è minore che adoperandone una sola (*). E in fatti le nuove punte che si vanno aggiungendo alla prima, colla loro elettricità deprimono la elettricità omologa della prima medesima; e occorre perciò una maggior tensione perchè si essa che le altre incomincino a comunicar rapidamente la loro elettricità all' aria. Ciò vale anche pel caso che le punte sieno adattate a un conduttore non isolato presentato a un corpo elettrizzato.

1407. *Applicazioni dell' azione delle punte.* Si sogliono adattare delle punte ai conduttori delle macchine elettriche, in que' luoghi ove esse possano assorbire l'elettrico accumulantesi nel disco per mezzo dello sfregamento (p. 44, fig. 5). Colle punte si può diffondere l'elettricità nell' aria di una camera (p. 190, 550). Si terminano in punta le parti più elevate de' parafulmini, per determinare vie meglio l'elettricità dell'atmosfera a seguire il cammino presentato da questi apparecchi. Ma in vece si schivano le punte in tutti que' luoghi ove si vuol impedire che l'elettricità si disperda (p. 44, 78, 278).

1408. *Venticello elettrico.* Abbiamo già detto (p. 598 e 600) che le punte elettrizzate sia in più sia in meno spingono innanzi a sè l'aria elettrizzata. Aggiungeremo ora che da ciò si genera un venticello il quale riesce sensibile sino a parecchi piedi di distanza.

Questo venticello si rende primieramente palese da una impressione sulle parti nude del corpo nostro, cioè da un senso di frescura sulla superficie della nostra mano, il quale si assomiglia interamente a quello

(*) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 345, § 819.

prodotto da una leggiera corrente d'aria (1). E una tale impressione si distingue assai chiaramente dalla sensazione della tela di ragno già da noi descritta, non dando quest'ultima il senso di frescura, non sentendosi essa ove mancano peli, ec.

Una seconda prova di un tale venticello l'abbiamo nel vedere spinto via il fumo di una candeletta spenta di fresco, ed anche la fiamma di essa candeletta (2).

1409. Si pigli un dado di sughero co' lati lunghi due linee, e a quattro delle sue facce prese in giro si incollino quattro alette di carta lunghe un pollice, una per ciascuna faccia (fig. 183); attraverso alle altre due facce, che si trovano opposte l'una all'altra, facciasi passare un ago, e questo si appenda o ad una calamita o ad un sottil filo di lino fermato nella cruna. Presentando questa rotella dinanzi alla punta elettrizzata, ma leggiermente di fianco, si vedrà in essa una rotazione quale è voluta da un moto dell'aria che cammini nella direzione dalla base alla sommità della punta (1).

1410. Non solo nasce nell'aria un moto di avanzamento come s'ella uscisse dalla sommità della punta, ma altresì un avvicinamento dalle parti laterali; nel modo indicato dalle freccie della fig. 184. Un tale avvicinamento è una conseguenza del moto di avanzamento già detto; giacchè questo portando via le molecole aeree anteriori, obbliga quelle posteriori e laterali a sottentrare al loro luogo. E si rende sensibile questo secondo movimento, collocando la rotella sovrammenzionata ai lati della punta, alla distanza di uno, di due, e perfino di cinque pollici.

Beccaria rendeva sensibile l'esistenza del venticello anteriore, e la necessità di quello laterale anche in quest'altra maniera. Riempiva egli d'olio il fondo di un

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 328, § 781 e seg.
(2) *Ibid.* — Priestley, *Histoire* ec. T. III, p. 198.

piatto di porcellana, e postovi sull'orlo un grosso pezzo di cera molle, appoggiava su questo una punta volta obbliquamente all'ingiù verso la superficie dell'olio, tenendola a quella distanza che nell'eseguire la sperienza trovava più opportuna; e quindi, elettrizzata questa punta, vi metteva incontro un dito alla distanza di due pollici. Vedeva con ciò il detto olio venir depresso dal venticello e spinto all'innanzi; e se vi aggiungeva della polvere da capelli, vedeva questa, dopo avanzatasi alquanto, scendere e seppellirsi sotto la superficie dell'olio, tornare indietro per disotto, e restituitasi a galla essere nuovamente dal venticello medesimo sospinta innanzi (1).

Può servire allo stesso oggetto la seguente sperienza di Wilke. Isolava egli una punta metallica volta all'ingiù, con infisso alla sommità un pezzetto di fosforo, il quale nell'oscurità mostrava un fumo luminoso che si volgeva verso l'alto; elettrizzata però la punta, esso fumo si dirigeva all'ingiù formando un cono assai allungato che usciva dal mezzo del fiocco (2).

1411. Questo venticello è più o men forte e va più o men lontano secondo che è più o men grande la forza dell'elettricità; e può cangiar direzione per la vicinanza d'altri corpi elettrizzati. Da un corpo elettrizzato contrariamente, anche per induzione, esso venticello viene attratto; da uno elettrizzato similmente vien respinto. Così applicando obbliquamente una punta allato a un conduttore cilindrico, il venticello in luogo d'avanzarsi secondo il prolungamento dell'asse della punta, si volge di fianco per allontanarsi dal conduttore medesimo, come abbiam già detto avvenire del fiocco. E chiare sono le ragioni di tutti questi fatti.

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 329, § 783.
(2) Priestley, *Histoire* ec. T. II, p. 128.

1412. *Retrocedimento delle punte.* Si incurvi a modo di una *S* un filo metallico con ambedue le estremità acuminate; e fattagli nel mezzo una piccola cavità, si ponga in bilico sopra la sommità puntuta di un' asticciuola metallica verticale portata da un piede isolante. Elettrizzata l' asticciuola in più e mantenuta questa elettricità per mezzo della macchina, incomincia l' ago a girare orizzontalmente nella direzione dalle estremità alle basi delle punte (fig. 185), e in breve cotal moto divien sì veloce da non vedersi più che una languida apparenza di un disco metallico continuato, il quale nell' oscurità mostrasi circondato tutto all' intorno da un cerchio luminoso. È questo movimento un altro effetto della ripulsione fra l' aria e la punta elettrizzate similmente: intanto che l'aria viene spinta innanzi, la punta viene respinta all' indietro.

Si osserva un retrocedimento affatto somigliante, cioè pure pel verso dalle estremità alle básì delle punte, anche quando il filo ricurvo si elettrizza in meno: solamente si ha nell' oscurità un orlo luminoso più ristretto.

1413. Si possono fare diversi giuochi con questi fili ricurvi: eccone uno. Si congiungono due di essi fili mediante un asse perpendicolare ai loro piani, aggiustando cotali fili in modo che il retrocedere delle punte tenda in entrambi a far rotare quell' asse pel medesimo verso: si pone quest'asse su di un isolato piano inclinato, in guisa che il detto retrocedimento faccia rotolar l' asse all' insù; e comunicata colla macchina dell' elettricità a questo piano, si vedrà appunto un tale mòto di salita (fig. 186) (*).

(*) Priestley, *Histoire* ec. T. III, p. 137 e seg.

Diffusione dell'elettricità dalle punte nell'aria rarefatta, e fenomeni luminosi nel voto.

1414. Con della cera rammollita con trementina saldava il Beccaria sul piatto della macchina pneumatica una campana di vetro attraversata superiormente da una verghetta d'ottone, la cui inferiore estremità rimaneva distante sei pollici dal piatto (fig. 89); e metteva in comunicazione questa verghetta col conduttore positivo della macchina elettrica. Movendo quest'ultima quando non era ancora stata cavata aria, si aveva dalla inferiore estremità della detta verghetta il solito fiocco lungo circa un pollice; e cavando l'aria e mantenendo in moto la macchina elettrica, i raggi del fiocco si allungavano e si ingrossavano successivamente, ma ne diminuiva la divergenza e la vivezza e il numero; di maniera che quando la forza espansiva dell'aria non era più che di un pollice di mercurio, non si avevano più che quattro o cinque raggi scendenti dalla punta insino al piatto. Resasi poi l'aria sommamente diradata, appariva sulla punta una corta luce che si estendeva intorno ad essa per circa un pollice, illanguidendo gradatamente col crescere della distanza e poi svanendo; però nel fitto bujo si vedeva più lontano una più ampia e più rara luce che insieme colla più vicina formava un esteso e rarissimo fiocco; e un occhio ben riposato in tale bujo vedeva eziandio un fiocchetto spurio, ma più languido e più corto, sulla vite *C* sorgente in mezzo al piatto della macchina pneumatica. E durante una tale rarefazione, come abbiam già detto al § 1339, l'elettrometro comunicante colla verghetta segnava gradi successivamente minori. E se mentre l'aria era già assai rara, avendo, p. e., la forza espansiva di quattro sole linee di mercurio, si abbassava la ver-

ghetta per ridurla vicina al piatto, la luce si riduceva ad un unico raggio rossiccio-violetto scendente sino alla vite nominata (*).

1415. Egli è da osservare che progredendo la rarefazione dell'aria, i tre modi di propagazione dell'elettricità in essa aria si vanno successivamente ravvicinando. La diffusione dai corpi non acuminati, la quale alla ordinaria densità dell'aria suole aver luogo e senza luce, col rarefare cotale aria si rende infine luminosa, talchè nell'aria rarissima non è più possibile l'aver diffusione senza luce (§ 1340 e seg.). Con una tale rarefazione le scintille vanno gradatamente rendendosi più frequenti, e perdendo apparentemente della loro intermissione, e si riducono da ultimo a una luce continua ed ampiamente diffusa (§ 1383). E in fine il fiocco e la stelletta, apparenti in due punte affacciate, vanno perdendo gradatamente l'intervallo oscuro che li separa nel mezzo. Di maniera che tutti e tre i modi di propagazione, quando l'aria sia rarissima e perciò sommamente conduttrice, si riducono, per quanto appare all'occhio, a una luce uniforme che invade e riempie tutto lo spazio. Per conseguenza tutte le diffusioni luminose dell'elettricità nel vacuo vogliono essere considerate insieme senza più badare alle distinzioni precedenti. Il che è quello che noi faremo nell'esaminare i diversi fenomeni seguenti.

1416. Un cilindro di vetro votato d'aria, venendo avvicinato o scostato da un corpo elettrizzato, si vede internamente lampeggiare. Infatti se il cilindro si avvicina a un corpo elettrizzato in più, una porzione del fluido naturale di esso cilindro abbandona la parte anteriore della superficie interna, e si porta alla parte posteriore, attraversando la conduttrice aria rarefatta e facendola risplendere. Se il cilindro si allontana, l'elettrico retrocede al primitivo luogo, similmente accom-

(*) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, § 520 e 521.

pagnato da luce. Se è elettrizzato in meno il corpo a cui si avvicina o da cui si scosta il cilindro voto, si hanno in quest'ultimo degli smovimenti d'elettrico contrarii ai precedenti, ma sempre accompagnati da luce. E si ha luce anche rinforzando o indebolendo l'elettricità del corpo elettrizzato, mentre gli sta vicino il cilindro voto; e n'è chiaro il perchè (1).

1417. Abbiasi un fiasco di lungo collo, votato d'aria ed ermeticamente chiuso, e con due separate armature esterne, l'una sul collo e l'altra sul ventre. Tenuto in mano pel collo, e posta l'armatura del ventre a contatto col conduttore della macchina elettrica messa in azione, trapassa internamente un'abbondante quantità d'elettrico dal ventre al collo, e nelle due armature si stabiliscono delle elettricità opposte a quelle delle rispettive superficie interne. Ritirato dalla macchina il fiasco, l'esterno del ventre va gradatamente perdendo dell'acquistata elettricità, e retrocede al suo pristino luogo l'elettricità interna, con manifestazione di luce visibile nell'oscurità, la quale poi è vivissima se il detto retrocedimento si affretti toccando coll'altra mano l'esterno del ventre suddetto. È questa un'invenzione di Nollet (2).

1418. *Globi di Hauxbee fatti luminosi collo strofinamento.* È questo un fenomeno singolarissimo, rimasto senza spiegazione per molto tempo, in sino a che ne venne fatto diligente studio dal Beccaria (3). Votato d'aria un globo o un cilindro di vetro, e fatto girare intorno al suo asse con un opportuno meccanismo, tenendovi intanto a contatto la mano ad oggetto di strofinarlo, si osserva nella sua interna superficie, quando la sperienza sia fatta all'oscuro, una luce che rappresenta la figura della mano stropicciante. I polpastrelli delle dita in quella lor parte che tocca imme-

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 105, § 267.
(2) *Ibid.*, p. 103, § 264.
(3) *Ibid.*, p. 163, § 390 e seg.

diatamente il vetro sono rappresentati da una luce violetta, languida, rara, e sparsa assai uniformemente di punti oscuri; e le vallicelle che disgiungono i polpastrelli appajono ripiene di una luce più viva, più bianca, più unita, la quale si estende anche alcun poco lateralmente ai polpastrelli medesimi, e si mostra altresì alquanto oltre la sommità delle dita; talchè ne risulta un'immagine rossiccio-violetta delle parti della mano toccanti il vetro, con intorno una luce più bianca e più unita.

Questa sperienza riesce ottimamente anche intonacando la superficie interna del globo con ceralacca o con zolfo o con pece, lasciando soltanto scoperte le parti vicine alle due estremità per vedervi dentro (*). Il che aveva recato somma meraviglia ad Hauxbee scopritore del fenomeno e agli altri fisici. Ora ecco la spiegazione datane dal Beccaria.

Lo strofinamento della mano col vetro fa depositare elettrico sulla esterna superficie di questo. Finchè però i punti strofinati del vetro stanno in contatto coi punti strofinanti della mano, si stabilisce per induzione in questi ultimi una elettricità contraria la quale dissimula lo stato elettrico de' primi. Appena però che questi sfuggono dal contatto colla mano, sia abbandonando essa mano interamente, sia entrando in una delle vallicelle già nominate, cessa d'essere dissimulata la loro elettricità; e questa colla sua azione ripulsiva spinge via da' contrapposti punti della interna superficie del vetro una parte di fluido naturale, il quale attraversando l'aria rarefatta contigua retrocede ai punti del vetro contrapposti a quelli ancora toccati dalla mano; perciocchè quivi l'elettricità esterna è ancora dissimulata, nè può perciò impedire una siffatta retrocessione, e anzi questo elettrico retroceduto viene esso pure dissimulato da altra contraria elettricità che si stabilisce per induzione ne' punti medesimi della mano. Il quale elettrico retroceduto abbandona poi anch'esso la superficie interna del vetro, insieme con parte del fluido naturale di questo, quando i detti punti esterni ancora toccati dalla mano vengono essi pure a sfuggire da un tale contatto.

(*) Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 38. — Beccaria, *Elettricismo artificiale*, pag. 163, § 592.

Ora in tutti i luoghi ove l'elettrico abbandona il vetro si ha una luce a somiglianza di quella che spiccia da un corpo collocato nell'aria rarefatta ed elettrizzato in più; ed è per questo che si veggono illuminate sì le vallicelle fra i polpastrelli che i luoghi abbandonati dalle sommità delle dita. Però ne' detti polpastrelli si vanno alternando delle piccole prominenze e delle piccole cavità; e quindi in alcuni punti l'elettrico si getta abbondantemente sul vetro, e in alcuni scarsamente, e fors'anche vien rimandato indietro. E il Beccaria stima che le parti illuminate sotto essi polpastrelli corrispondano alle piccole cavità dove l'elettrico esce, e i punti oscuri alle prominenze: ma, a parer mio, potrebbe forse essere anche il contrario, e sta a nuove sperienze il deciderlo. Comunque sia, da queste alternative di parti diversamente assorbenti l'elettrico deriva quella luce rossiccio-violetta e languida e rara e sparsa di punti oscuri, che corrisponde ai luoghi del vetro stropicciati esternamente dalle dita.

Intanto il vetro, quantunque fatto girar lungamente, non può ricevere dalla mano che un'assai debole elettricità. Perocchè quell'elettrico che sfugge dall'interna superficie della parte di vetro abbandonata dalla mano e che quindi si depone, pure internamente, sotto essa mano, respinge con molta forza l'elettrico che la mano medesima tende a comunicare per istrofinamento alla superficie esterna.

1419. Facendo entrare a poco a poco dell'aria nel globo o nel cilindro, i segni elettrici dati da questo dopo strofinato vanno gradatamente crescendo. E in fatti si va con ciò rendendo gradatamente più difficile lo sfuggire dell'elettrico dall'interno di quelle parti che hanno abbandonata la mano; e più scarsa perciò diviene la quantità che ritorna sotto essa mano a impedire l'elettrizzazione procurata dallo strofinamento.

Altri accidenti assai degni d'essere conosciuti osservò il Beccaria in questo successivo condensamento dell'aria; ma noi rimanderemo i lettori a' luoghi ov' egli ne parla (*).

1420. *Osservazione.* Mi si permetta di riferire per digressione un fatto di cui qui è assai facile la spiegazione.

(*) *Elettricismo artificiale*, p. 166, § 401 e seg.

È stato osservato che un cilindro di vetro armato internamente non si può elettrizzare per mezzo dello strofinamento (1). Ora ecco il perchè. L'armatura interna fa qui lo stesso effetto del voto. Appena che una parte dell' esterna superficie del vetro esce elettrizzata dal di sotto, p. e., della mano che la strofina, sfugge dalla corrispondente parte interna quasi altrettanto elettrico, il quale retrocede specialmente sotto la mano a diminuire l'azione dello strofinamento.

Segue da ciò essere assai dannosa l'umidità nell'interno de' globi e cilindri di cristallo che si adoperano per le macchine elettriche, ed essere molto utile l' intonacarli internamente di zolfo, di ceralacca, o d'altra sostanza resinosa che renda più difficile la deposizione dell' umidità, e che inoltre, aumentando la distanza fra le due superficie, diminuisca l'azione fra l' elettricità esterna e l' interna (2).

Ne' suddetti cilindri e globi riescono dannosi anche gli assi, specialmente se grossi; al certo, perchè questi tolgono agevolmente dell' elettrico all' interno di quelle parti del vetro le quali esternamente sono state abbandonate dal contatto della mano strofinante. Perciò Priestley consigliava di farne senza (3).

1421. *Luce ed elettricità de' barometri.* Vi sono certi barometri i quali, facendovi salire e scendere il mercurio in un luogo oscuro, mostrano ad ogni discesa un anello di luce che accompagna la sommità di un tal liquido. Proviene questa da fluido elettrico che il mercurio nello scendere lascia sulla interna superficie del vetro da lui abbandonata, il quale elettrico attraversa in forma luminosa l' aria rarefatta del barometro per restituirsi sulla superficie del mercurio.

Abbisogna questa luce di una piccola quantità d'aria. Quando i barometri ne sono ben purgati, cioè a tal punto che lo spazio voto abbia una grande con-

(1) *Elettricismo artificiale*, p. 161, § 384.
(2) Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 362.
(3) *Ibid.* T. III, p. 54.

ducibilità, non si manifesta che un assai corto e leggiero anello. Allora in fatti l' elettrico lasciato sul vetro, trovando molto conduttrice la poca aria rimasta, accompagna subito la colonna del mercurio appena che questa si è abbassata alcun poco. Nel voto barometrico più perfetto, quale l' avevano ottenuto Walsh, Morgan e Brook (§ 1342 e seg.), non so se siansi fatte di queste sperienze.

Si fa più alto l'anello luminoso, crescendo sino a un certo punto la quantità dell'aria. Ma oltrepassando questa una certa densità, l' elettrico non può più attraversarla e venire al mercurio.

Si rende però più chiaro in quest' ultimo caso un altro fenomeno, cioè un attraimento de' corpi leggieri durante l'abbassarsi del detto mercurio. Rendesi manifesto un tale attraimento col fare la sperienza al chiaro del giorno, e col procurare che negli abbassamenti del mercurio non si muova la canna di vetro; la quale condizione può ottenersi usando un barometro a sifone e succhiando alquanto d' aria dal braccio aperto, senza piegare lo strumento. Con ciò, quando l'aria contenuta ha quel grado di densità a cui corrisponde un anello luminoso già assai allungato, cominciano esternamente ad essere attratti i corpicelli leggieri; e l' attrazione va crescendo a proporzione che s' introduce maggiore quantità di aria (*).

CAPO XII.

EFFETTI PRODOTTI NE' CORPI DAL PASSAGGIO DEL FLUIDO ELETTRICO

1422. Molti sono gli effetti che vengono prodotti ne' corpi dal passaggio di una forte corrente elettrica, qual è quella che qui si considera; e noi per par-

(*) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 170, § 409 e seg.

larne con qualche ordine li ripartiremo in tre serie secondo le tre classi de' corpi naturali; e comincieremo dagli effetti sui corpi inorganici.

Degli effetti sui corpi inorganici, e primieramente degli effetti calorifici.

1423. *Azione sui termometri.* Il fenomeno più semplice di riscaldamento è questo descritto da Singer, cioè che posto il bulbo di un termometro frammezzo a due palle di legno, fra cui si faccia trascorrere una corrente elettrica, la bolla dà segni di riscaldamento (1).

1424. *Riscaldamento, arroventamento e volatilizzazione de' metalli.* Avendo Beccaria fatto passare la scarica di un quadro per un filo di ferro grosso $^1/_{16}$ di linea e lungo 8 pollici, tenuto teso da una molla e con annesso un meccanismo che poteva rendere sensibili e misurare anche i minimi allungamenti, trovò che questo filo si allungò di $^1/_9$ di pollice; ma subito tornò ad accorciarsi, in sul principio rapidissimamente, quindi con crescente lentezza (2). Ammettendo $^1/_{81000}$ di allungamento per ogni grado centigrado, esso filo sarebbesi riscaldato di 1125° C, ossia di 900° R; ma è a temersi che il meccanismo di cui si è parlato, nel suo rapido muoversi sia trascorso alquanto al di là del segno voluto dalla dilatazione del filo.

Kinnersley, in alcune sperienze anteriori a quelle di Beccaria, ottenne effetti maggiori. Fece egli passare la scarica di una batteria di trentasei bocce per un filo di ferro lungo due piedi e tirato all'ingiù da un peso; e il filo si arroventò e si allungò di un buon pollice (ritenendo, a quel che pare, un tale allungamento). Una seconda scarica lo allungò di quattro pollici, ed

(1) Singer, *Elementi di Fisica e Chimica elettrica*, p. 136.
(2) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 301, § 718 e seg.

altresì lo ruppe nel mezzo. Colla stessa batteria poi egli fuse un filo di ferro grosso $^1/_{15}$ di linea, a tal punto che ne caddero le gocce, le quali seguitarono a bruciare sul suolo (1).

Priestley ottenne effetti ancor più grandi. Colle sue grandiose batterie egli scagliava i fili di ferro in scintillanti sprizzi alla distanza di molti piedi. Notò che i fili resistevano tanto maggiormente ad essere ridotti in sprizzi quanto più erano lunghi, che il filo di ferro sprizza più vivacemente che quello d' ottone, e che quando la scarica non è fortissima, le gocce metalliche pigliano raffreddandosi la forma di pallottoline (2).

Beccaria, colla scarica di tre gran vasi di cristallo, fondeva del filo di ferro grosso $^1/_{16}$ di linea; talora gli avanzi di questo rimasti attaccati alle due verghe di ottone, fra cui quel filo era teso, seguitavano ad ardere ancora per qualche tempo e a gettare degli sprizzi somigliantissimi a que' della limatura di ferro lasciata cadere attraverso alla fiamma di una candela. Le pallottole nate dalle gocce prodotte da una scarica meno forte rassomigliavano alle pallottole nereggianti che si raccolgono su di una carta percuotendovi sopra l' acciajo del battifuoco: erano ferro ridotto prossimamente allo stato di *scoria* (ossidato) (3).

1425. Ripetendo queste sperienze su fili di acciajo o di ferro di costante lunghezza e grossezza, ma con iscariche gradatamente maggiori, sia accrescendo successivamente la tensione di una stessa batteria, sia accrescendo la capacità di questa senza variare la tensione, si ottiene la seguente gradazione di effetti. Alle scariche minori il filo non fa che riscaldarsi, acquistando altresì certi colori superficiali in proporzione

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, § 721. — Priestley, *Histoire* ec. T. II, pag. 96.

(2) Beccaria, *ibid.* § 722.

(3) *Ibid.*, § 723.

della temperatura ricevuta (T. II, p. 333). A scariche più forti si arroventa. Ad altre ancor più forti si fonde e cade in globetti roventi. Quindi si divide in globetti più minuti, che vengono lanciati a qualche distanza, con forza più o men grande secondo che la carica si è più o meno accresciuta. In fine alle scariche massime il metallo scompare con una vivace fiamma, e producendo un fumo assai sensibile, il quale raccolto presenta una finissima polvere più pesante del metallo adoperato e che si trova essere un ossido di quest'ultimo (1). E mostrano fenomeni pressochè simili anche i fili degli altri metalli, i quali tutti, per mezzo di convenienti scariche, si scaldano, si arroventano, si fondono, si volatilizzano (2).

Tutti questi effetti calorifici si operano con grandissima rapidità. Ne' fili di seta dorati l'oro si volatilizza senza che il calore abbia tempo a rompere la seta (3). Priestley fuse de' fili metallici entro l'acqua, la quale non aveva tempo di toglier loro il calorico che la corrente elettrica vi accumulava; ed essa acqua veniva scagliata in molta quantità e a molta distanza fuori del vaso, il quale veniva fortemente premuto all'ingiù (4).

1426. Si manifestano in siffatti fenomeni diverse particolarità delle quali io citerò qui alcune.

I fili arroventati da queste scariche, se non sono tesi, nel raffreddarsi si raccorciano. Il qual fatto, osservato nel ferro prima da Nairne e poi da Van Marum (5), io l'at-

(1) Singer, *Elementi* ec., p. 145.
(2) Sono da consultarsi su ciò le osservazioni fatte da Van Marum colle sue grandiose batterie (*Description d'une très-grande machine électrique* ec. p. 192 e seg. — *Première continuation des expériences* ec., p. 16 e seg.).
(3) Pouillet, *Élémens de Physique*, T. I, Part. II, pag. 597. Ediz. 1827-30.
(4) *Histoire* ec. T. III, p. 366.
(5) *Première continuation* ec p. 58.

tribuirei allo scaldarsi cotanto rapidamente il metallo da non aver tempo a dilatarsi nella direzione longitudinale, dilatandosi in vece tanto più in quella trasversale, e al restringersi quindi per tutti i versi nel successivo raffreddamento.

Un filo metallico, che sia pure di grossezza uniforme, venendo fatto percorrere da una scarica che non basti a fonderlo interamente, si fonde in diverse parti frammezzate da altre che non si fondono (1); forse a cagione di qualche differenza o nella natura chimica o nella grossezza di cotali parti.

Quando un filo di ferro non si fonde che per un tratto della sua lunghezza, questo tratto si trova sempre dalla banda che comunica coll' armatura interna stata caricata in più (2); del che per accertare la causa occorrerebbero altre sperienze.

Se due fili di ferro ugualmente grossi vengono annodati insieme l' uno in seguito all' altro, una scarica di conveniente forza fonde l' un d' essi tutto intero sino al nodo (e pare dal contesto che sia quello comunicante coll' armatura interna), e nell' altro non produce veruna fusione (3).

La dispersione in globetti roventi l' osservò Van Marum anche nello stagno, colla particolarità altresì che i globetti di questo saltellano per un gran numero di volte sul suolo, probabilmente per un' abbondante emissione di vapore di ossido (4).

I fili di ferro, d' argento e di stagno, quando vengono volatilizzati, lasciano spesse volte nell' aria de' filamenti di fumo, nuotanti in mezzo all' altro fumo (5).

(1) Van Marum, *Description* ec., p. 198. — *Première continuation* ec., p. 56.

(2) *Première continuation* ec., p. 52.

(3) *Ibid.*, p. 54.

(4) *Ibid.*, p. 72 e seg.

(5) *Description* ec., p. 194 e 200. — *Première continuation* ec., p. 70. — Notò Van Marum in cotali filamenti de' moti singolarissimi ch' egli non sapeva spiegare. Avvicinando loro un dito o altro corpo conduttore, essi ne venivano attirati, ma giunti a contatto ne erano subito respinti. Io stimo che tanto essi filamenti quanto l' aria della camera fossero elettrizzati omologa-

1427. L'arroventamento e la dispersione non avvengono ne' varii metalli colla stessa facilità: del che Priestley si assicurò colle seguenti sperienze (1). Univa egli due fili di differenti metalli, ugualmente grossi, piegandoli entrambi da un capo a modo di uncino, facendo abbracciar questi uncini l'un dall'altro, e tenendoli tesi. Quindi faceva passare per entrambi i fili così congiunti la scarica di una batteria convenientemente grande, e vedeva che l'un filo si arroventava e si disperdeva, e non l'altro. Trovò cioè: 1.° che una data scarica disperdeva il ferro e lasciava salvo il rame o l'ottone; 2.° che un'altra data scarica disperdeva l'ottone e lasciava salvo il rame; 3.° che un'altra disperdeva il rame e lasciava l'argento; 4.° che un'altra disperdeva l'argento lasciando l'oro. Donde ricavò che l'attitudine de' metalli ad essere dispersi dalle scariche elettriche è in quest'ordine: *ferro, ottone, rame, argento, oro*. Quest'ordine è ben diverso da quello della fusibilità pel calore, e si crede che vi abbia una parte principalissima la facoltà conduttrice dei metalli cimentati, ammettendosi generalmente dai fisici che il riscaldamento prodotto da una data corrente elettrica in più fili metallici delle stesse dimensioni sia in ragione reciproca della loro facoltà conduttrice (2).

Notò poi Priestley in queste sperienze che quando veniva disperso il filo d'argento si fondeva l'uncino del filo d'oro, e che quando disperdevasi il filo di rame si fondeva l'uncino d'argento. Del che darem ragione fra poco (§ 1433).

mente all'interno della batteria, e che i corpi avvicinati avessero per induzione l'elettricità contraria, dal che nascesse l'attrazione pria del contatto; nel contatto prendessero anche i detti filamenti l'elettricità indotta, e quindi venissero respinti.

(1) *Histoire* ec. T. III, p. 454 e seg.

(2) Gehler's *Physik. Wörterb.*, art. *Leiter*, p. 162. — Pianciani, *Istituz. fis. chim.* T. III, p. 156; citandosi in entrambi i luoghi le sperienze fatte da Children colla pila Voltiana.

Avendo paragonato lo stagno col piombo ridotti a simili laminette, trovò che il piombo è quello che cede prima all'azione della scarica. Non potè però paragonare questi metalli col ferro e cogli altri. Ma venne trovato di poi ch'essi sono entrambi di gran lunga più facili ad esser fusi dall'elettrico, che non i suddetti altri metalli (*).

1428. Negli effetti precedentemente esposti hanno influenza immediata:

1.° La quantità di calorico comunicata ai metalli dalla scarica elettrica che gli invade;

2.° La capacità di essi metalli pel calorico;

3.° L'attitudine loro ad esser volatilizzati a più o meno alte temperature.

Non occorre che io mostri in qual modo influisca ciascuna di queste circostanze, nè che io mi trattenga a considerare come variino le ultime due dall'uno all'altro metallo, essendosene già parlato nel Trattato del Calorico (Vol. II, § 692 e 743). Passerò invece a dire qualche cosa intorno alla prima.

La quantità adunque di calorico che un dato filo metallico riceve da una scarica elettrica varia secondo queste altre circostanze, cioè:

a) La quantità dell'elettrico tragittante, e la tensione di questo elettrico;

b) La natura del metallo;

c) La lunghezza di questo;

d) La sua grossezza.

Cominciando a considerare l'influenza della diversa quantità d'elettrico tragittante, senza diversità di tensione, abbiamo già detto al § 1425 che quanto maggiore è una siffatta quantità, tanto è più grande l'effetto calorifico. Con qual legge però cresca questo effetto all'ingrandirsi di una tale quantità d'elettrico, non l'hanno ancora i fisici determinato: hanno essi bensì indagato come al crescere della detta quantità s'aumenti la lunghezza fusibile d'un filo di

(*) Van Marum, *Première continuation* ec., p. 18.

data grossezza; ma sarebbesi anche dovuto cercare come s'aumenti la quantità di calorico in un filo di costante lunghezza e grossezza.

Io ammetterei che questa quantità di calorico s'aumenti in ragione diretta semplice della capacità della batteria, per lo meno sino a quelle temperature che non possono alterare notabilmente la facoltà conduttrice del filo. Scaricando in fatti due batterie *a* e *b* cariche alla stessa tensione e aventi le capacità come 2 a 1, e immaginando divisa in 1000 parti la quantità d'elettrico uscente da ciascuna di esse, la prima millesima parte durerà nella batteria *a* doppio tempo (§ 1289), e darà doppia quantità di calorico; e così farà la seconda millesima parte, così la terza, ec.

1429. Se si aumenta la quantità d'elettrico non accrescendo la capacità ma bensì la tensione, si ha pure un accrescimento di effetto calorifico, il quale pare anzi maggiore che nel caso precedente, come io credo potersi dedurre dalla seguente sperienza di Snow-Harris. Fece egli passare a tenuta d'aria un sottil filo metallico attraverso a una bolla di vetro del diametro di tre pollici (fig. 187), unita inferiormente a un tubo pur di vetro alquanto allargato nel luogo d'unione, ma in seguito più ristretto, e quindi ripiegato verso l'alto, munito in questo ripiegamento di una scala graduata, e contenente nella parte allargata e nella curvatura una certa quantità di un liquido colorato. E pel filo metallico faceva tragittare la scarica di una batteria caricata sempre a una medesima tensione, ma con aggiunto esternamente un altro filo, ora più ed ora men lungo, che doveva anch'esso venir percorso dalla medesima scarica; e trovò che dando a quest'ultimo filo le lunghezze di piedi inglesi . . . . 300; 600; 900, il liquido colorato del suo strumento si alzò rispettivamente di divisioni . . . 10; 5 a 6; 3; ove parve che quando il filo esterno era alquanto lungo, l'effetto calorifico variasse presso a poco in ragione inversa della sua lunghezza (Essendo il filo esterno di poca lunghezza, una tal legge non valeva più a rigore, senza dubbio perchè in questo caso, oltre alla resistenza opposta da esso filo esterno, ve n'erano da computar altre le quali quando il filo era lungo potevano trascurarsi impunemen-

te) (1). Ora io stimo che l'effetto prossimo o diretto dell'usare più lungo il filo esterno fosse quello di rallentare la scarica, secondo che abbiam già detto al § 1293; e che da questo rallentamento venisse poi a risultar minore l'effetto calorifico nel filo contenuto dentro la bolla. E siccome un simile rallentamento si otterrebbe eziandio col mettere quella quantità d'elettrico in una batteria di maggiore capacità, scaricando pure di poi questa batteria attraverso a un filo più corto; così, a mio giudicio, si avrebbe anche in questo caso una simile diminuzione di effetto calorifico. È dunque da conchiudere che a pari quantità d'elettrico trascorrente in un filo metallico l'effetto è tanto maggiore, quanto più scarsa è la capacità o alta la tensione; ossia che l'effetto cresce più coll'aumentare la tensione che coll'aumentare d'altrettanto la capacità. Cuthberson, a vero dire, giunge ad altre conseguenze (2); ma è da aver presente che nel suo elettrometro i gradi crescono in una ragione diversa da quella delle tensioni (§ 1280).

Avendo riguardo agli esposti risultamenti di Harris, io opinerei che aumentando la sola tensione senza accrescere la capacità, l'effetto in un dato filo cresca secondo i quadrati di essa tensione. Però su ciò dee interrogarsi la natura, al che, come a più altre ricerche, sarebbe opportunissimo il già descritto apparecchio del medesimo Harris.

1430. Sull'influenza della qualità de' metalli fece molte sperienze lo stesso Harris col mezzo del medesimo apparecchio. Faceva egli passare attraverso alla bolla o globo di vetro un filo or d'uno or d'altro metallo, e ogni volta faceva trascorrere per un tal filo la scarica di una batteria di 25 piedi quadrati di superficie armata, caricata sempre a una medesima tensione; dal che il filo veniva più o meno scaldato, e più o meno si alzava nel tubo il liquido colorato. Ecco i diversi risultamenti da esso ottenuti:

(1) *Phil. Trans.*, 1834, p. 228.
(2) Singer, *Elementi* ec., p. 142.

Metalli puri	Effetti calorifici	Leghe metalliche	Effetti calorifici
Rame	6	Rame, parte 1 argento 1/3	6
		1 . . 1	6
Argento	6	1 . . 3	6
		Rame » 1 oro 1/3	15
Oro	9	1 . . 1	20
		1 . . 3	25
Zinco	18	Ottone	18
		Rame » 1 stagno 1/8	(1) 18
Platino	30	Argento » 1 oro 1/3	15
		1 . . 1	20
Ferro	30	1 . . 3	25
		Zinco » 1 stagno 1	27
Stagno	36	1 . . 3	32
		Stagno » 1 piombo 1/3	45
Piombo	72	1 . . 1	54
		1 . . 3	63

I metalli puri procurò che fossero della massima purezza possibile; i fili gli usò di varie grossezze, da 1/40 a 1/80 di pollice, paragonando però insieme soltanto quelli dello stesso diametro.

Questi risultamenti di Harris s'accordano assai bene, malgrado la diversità delle circostanze, con quelli ottenuti da Children colle sue grandiose pile Voltiane. Ma degli effetti di queste parleremo altrove.

Dalla semplice ispezione della tavola è ovvio il vedere che unendo in lega due metalli si ha spesse volte un effetto calorifico maggiore di quanto porterebbe la proporzione de' componenti. In generale, come si è già accennato al § 1427, credesi che i metalli si riscaldino in ragione inversa della loro facoltà conduttrice; il che vedrem meglio quando parleremo delle differenze di cotale facoltà conduttrice fra i varii metalli (2).

(1) V'è forse qui un errore, asserendo l'autore (*Phil. Trans.*, 1827, sul fine della p. 22) che il rame con un solo ottavo di stagno si scalda al pari del ferro.

(2) In queste sperienze di Harris vi fu probabilmente qualche

1431. Queste sperienze, quando alcuno le volesse ripetere, potrebbero instituirsi in tre modi, cioè procurando:

1.° Che pe' varii metalli passi sempre la medesima quantità d'elettrico, in un tempo però reciprocamente proporzionale alla facoltà conduttrice: ciò è quello che avviene operando nel modo di Harris testè descritto, quando si abbia cura che tutto il cammino dell' elettrico all' esterno del globo di vetro presenti una resistenza assai minore di quella dentro esso globo;

2.° Che pe' varii metalli passi sempre una stessa quantità d'elettrico, e questa in una stessa durata di tempo: ciò si avrebbe unendo insieme due degli apparecchi di Harris, uno *A* attraversato sempre da un medesimo filo, e l' altro *B* attraversato da un filo ora dell' uno ed ora dell' altro metallo, aggiungendo loro esternamente un altro filo di qualsivoglia metallo, tenuto ora più ed ora meno lungo, in guisa che una data scarica percorrendo successivamente tutti e tre i fili, produca sempre nell' apparecchio *A* il medesimo effetto.

3.° Che il passaggio dell' elettrico duri lo stesso tempo per tutti i metalli, ma ne passino quantità proporzionali alle facoltà conduttrici: a ciò servirebbero i suddetti due apparecchi di Harris, usati di tal maniera che dall' un lato attingessero entrambi l' elettrico dall' armatura interna della batteria e dall' altra il dessero all' esterna; come due emissarii che guidassero separatamente l' acqua d' un lago al mare.

E in queste ricerche converrebbe moderare le cariche in

irregolarità dipendentemente dall' avere i varii metalli una diversa capacità pel calorico. Infatti la massa del filo metallico che in una data sperienza trovavasi collocato entro il globo di vetro, non era grandemente superata da quella dell' aria insieme contenutavi, specialmente quando esso filo aveva il diametro di 1/40 di pollice: per conseguenza que' fili che a pari volume avevano maggiore capacità degli altri pel calorico, e che perciò ritenevano per sè una maggior porzione del calorico sviluppatovi dalle scariche, ne davano all' aria una quantità sensibilmente più piccola, e cagionavano in essa una dilatazione minore. Avrebbe giovato l' usare un globo più grosso, p. e. di un diametro doppio, e fors' anche il prendere in sua vece un sottile cannello di vetro ripieno di etere solforico.

modo che tutta la corrente avesse a passare pe' fili, senza diffondersi anche nell' aria circostante.

1432. Un filo di un dato metallo il quale abbia sempre la medesima grossezza, sente da una data corrente elettrica un' azione calorifica tanto maggiore, quanto minore è la sua lunghezza. Un filo corto verrà disperso in fumo da una data scarica, mentre uno più lungo verrà semplicemente fuso, ed uno più lungo ancora verrà soltanto riscaldato.

Stando alla sperienza di Harris citata al § 1429, la detta azione calorifica varierebbe in ragione inversa della lunghezza del filo; ed essendo ciò vero, in un filo di data natura e di data grossezza si svilupperebbe sempre per mezzo di una data scarica la medesima quantità totale di calorico, fosse lungo esso filo o fosse corto, ma nel più corto l'azione riescirebbe più concentrata.

Essendo minore l' azione ne' fili più lunghi, è necessaria in questi una maggior carica per avere costantemente un effetto medesimo. E precisamente, secondo Van Marum, a doppia o tripla lunghezza si esige doppia o tripla capacità caricata alla stessa tensione (1). Cuthberson usando fili corti trovò un' altra legge (2); ma può dubitarsi che la differenza sia nata dalle resistenze incontrate dall' elettrico nelle altre parti del suo cammino.

Osservò poi Priestley, come si è già detto al § 1296, che nell' effetto calorifico non ha veruna influenza l' esser diritto o curvo il cammino dell' elettrico; e poca o nessuna gli parve che ne avesse l' essere il cammino medesimo interrotto da piccoli intervalli ove la scarica doveva attraversar l' aria (3). Quest' ultimo fatto venne verificato anche da Harris, il quale facendo entrare nel circuito percorso dall' elettricità un intervallo d' aria or più breve ed or più lungo, ora d' aria densa ed ora d' aria rara, non trovò nessun cangiamento nella temperatura indicata dal suo apparecchio (4). Ed è ciò un' altra fortissima prova che il sen-

(1) *Première continuation* ec., p. 10.
(2) Singer, *Elementi* ec., p. 142.
(3) *Phil. Trans.* T. LIX, p. 65 e 70.
(4) *Ibid.*, anno 1834, p. 228.

tiero percorso dalla scintilla, quando questa sia già incamminata, non oppone veruna sensibile resistenza al passaggio dell'elettricità.

1433. A pari lunghezza un filo metallico di data natura sente effetti calorifici tanto maggiori, quanto più è sottile. Per una data scarica un filo sottile si disperde, laddove uno grosso ed ugualmente lungo non fa che riscaldarsi.

In conseguenza di ciò se si fa passare una scarica lungo un pezzo metallico il quale nelle diverse parti della sua lunghezza sia diversamente grosso, cotale scarica produce effetti maggiori ne' luoghi più sottili. Franklin prese un pezzo di foglia di stagno lungo tre pollici, largo da un'estremità un quarto di pollice, e dall'altra terminato a punta acuta, e fermatolo fra due lastre di vetro fece passare al lungo di esso la scarica di un ampio recipiente armato; e vide che nella parte più larga il pezzo non aveva sofferto offesa, che verso la metà era sparso di segni di fusione, che più innanzi verso la punta era stato fuso interamente, e che alla punta per circa mezzo pollice di lunghezza si era ridotto in fumo (1).

Nelle sperienze citate al § 1427 si fuse parte dell'uncino d'oro in contatto col filo d'argento, perchè in quel luogo del filo d'oro la corrente elettrica si restrinse in piccolo spazio, cioè al punto del contatto o poco più. E lo stesso dee dirsi della fusione dell'uncino d'argento in contatto col filo di rame.

1434. Priestley sovrappose l'uno all'altro venti scellini, e fe' passare lungo la colonna di essi la scarica di una batteria. E trovò che in entrambe le facce di ciascuno scellino, ne' punti de' vicendevoli contatti, v'erano segni di sofferta fusione, e i segni erano maggiori verso la sommità. Aggiunse de' pesi sopra la colonna delle monete; e fino alle sei libbre i segni della fusione si mantennero; ma al di là cessarono, nè si poterono riavere nemmeno aumentando la batteria dai 32 piedi quadrati di armatura fino ai sessanta (2). Pare che il peso col ravvicinare i pezzi metallici aumentasse il numero de' punti pe' quali l'elettrico tragit-

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, § 685.
(2) *Histoire* ec. T. III, p. 443.

tava dall'un pezzo all'altro, e così esso elettrico passando meno ristretto producesse meno calore.

1435. Avendo Priestley posta su di un foglio di carta una catenella di rame piegata in due rami ad angolo acuto, ed avendo quindi fatta passare per essa la scarica di una batteria, osservò che le parti situate nell'angolo vennero ritirate indietro per circa due pollici verso il rimanente della catenella. E lo attribuisce all'essersi volatilizzata un po' di materia metallica ne' luoghi dove gli anelli si toccavano, e all'avere l'espansione di questa materia fatti separare cotali anelli alcun poco, e divenire più sciolti, e raccorciata la detta catenella. E di una tale volatilizzazione facevano altresì prova, 1.° il fumo denso e nero che si sollevava da quella o da altra simile catenella, ogni volta che essa veniva attraversata dalla scarica di una batteria; 2.° la piccola diminuzione di peso, di circa mezzo grano per volta che soffriva essa catenella quando una sua porzione veniva percorsa dalla stessa scarica; 3.° le macchie nere che una tale catenella lasciava sulla carta, allorquando stava posata su questa all'atto della scarica medesima (1).

Per trovare il luogo d'onde provenivano queste macchie, Beccaria unì per mezzo di cuciture una catenella di sottil filo di ferro, lunga otto pollici, con della carta, e fattavi passare la scarica di un quadro, vide delle macchie fuliginose appunto corrispondentemente ai luoghi dove gli anelli si toccavano fra loro, e non già dove essi toccavano la carta, come era paruto a Priestley; e questi anelli ne' punti dell'interiore contatto parvero alquanto fusi (2).

Avendo lo stesso Priestley messa una catenella dentro un tubo di vetro, e fatta passare per essa la scarica di una batteria, trovò l'interna superficie del vetro segnata da quattro serie longitudinali di impronti. Beccaria rifece la sperienza colla sua catenella di fil di ferro, fermandola con delle corte stecche agli orificii del tubo di vetro per una porzione lunga quattro pollici, e vide che gli impronti corrispondevano alla metà degli angoli che venivano formati a quattro a quattro ad ogni congiungimento degli

(1) Priestley, *Histoire* ec. T. III, p. 351, 353, 355, ec.
(2) *Elettricismo artificiale*, § 686.

anelli; giusta le quali quattro direzioni doveva appunto venire scagliato il vapore metallico formatosi ne' luoghi del contatto degli anelli medesimi (1).

1436. Da questa maggiore azione delle scariche ne' luoghi ove scorrono più ristrette e più addensate, si ha, come osserva Beccaria, la spiegazione di un gran numero di fenomeni (2). Posta la punta di un grosso ago perpendicolarmente sulla superficie di un metallo, e per essa fatta passare la scintilla, il metallo vien quivi fuso. La scintilla suol fondere i metalli ove ella entra e dove esce, in grazia della ristrettezza dell'entrata e dell'uscita in paragone del rimanente suo cammino entro al metallo. Scaricando un vetro dorato ove la doratura faccia da armatura, la scintilla fa un foro rotondo in essa doratura, e ne lacera una parte (3). Nell'osservare gli effetti de' fulmini, il Beccaria ne trovava sempre i segni ne' luoghi di entrata e di uscita e ne' luoghi più ristretti de' corpi deferenti. Aggiungeremo che i parafulmini vengono sempre fusi nelle parti più sottili delle punte acuminate.

1437. È facile a concepirsi come la diversità nella grossezza de' fili debba cagionare la suddetta differenza di effetti; perciocchè quanto più i fili sono sottili, tanto maggiore quantità d'elettrico dee passare per una sezione di data area e tanto maggiore riscaldamento vi dee produrre. Ma di quanto crescerà il riscaldamento per un assottigliamento dato?

Quando un filo metallico A viene assottigliato uniformemente in tutta la sua lunghezza, e le rimanenti parti del cammino dell'elettrico sono di gran lunga meno resistenti di esso filo anche quand'è ancora grosso, in questo caso le molecole del filo assottigliato, che diremo a, vengono a trovarsi nella stessa condizione come se, lasciata sussistere la grossezza primitiva, si fosse invece aumentata la capacità della batteria in ragione della sezione di a a quella di A, caricandola ancora alla stessa tensione. Per con-

(1) Priestley, *ibid.* T. III, p. 368. — Beccaria, *Elettricismo artificiale*, § 690.
(2) Beccaria, *ibid.* § 691.
(3) Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 309.

seguenza, quando sieno vere le cose dette al § 1429, il riscaldamento del filo a eccederà di tanto quello del filo A percorso anch'esso dalla scarica della primitiva batteria, di quanto la sezione del filo A è maggiore di quella dell'a; e la totale quantità del calorico sviluppato da essa batteria sarà ancora la stessa per entrambi i fili, come usando fili ugualmente grossi ma di diversa lunghezza (§ 1432). Van Marum colla sua batteria di 225 piedi quadrati aveva cercato di vedere come al diminuire del diametro di un fil di ferro, ne cresca la lunghezza fusibile da una stessa scarica, la quale lunghezza avrebbe dovuto essere in ragione reciproca de' quadrati de' diametri; ma non vi trovò legge certa. Essendo i diametri de' fili di $^1/_{38}$, di $^1/_{42}$, di $^1/_{151}$, e di $^1/_{240}$ di pollice, le lunghezze fusibili furono rispettivamente di pollici 5, 10, 300, 600 (*).

Quando in vece il filo si assottiglia soltanto in una parte della sua lunghezza, si ha in questo tratto un maggiore riscaldamento che non assottigliandolo tutto quanto. Sia in fatti il filo, quando è ancora tutto grosso, formato delle tre parti A, B, C; e di queste si supponga assottigliata la parte media B, la quale dopo assottigliata si chiami b. È chiaro che nelle parti A e C del filo AbC l'elettrico troverà minor resistenza che se si fossero assottigliate anch'esse; e però si avrà in b una corrente più veloce e un maggiore riscaldamento che nel caso di un assottigliamento uniforme in tutte e tre le parti.

Nel caso che fosse vero quanto s'è detto ai § 1428 e 1429, io potrei dimostrare che anche in questo caso di assottigliamento parziale, la quantità totale di calorico sviluppata nell'intero filo sarebbe sempre quella stessa; ciò però quando fosse costante non solo la carica della boccia, ma anche la tensione, e il filo fosse sempre della stessa natura e della stessa facoltà conduttrice (dovendosi forse perciò escludere quei casi dove il riscaldamento è tale da alterare notabilmente la conducibilità), e le rimanenti parti del cammino dell'elettrico presentassero assai meno resistenza che il filo. Come pure potrei dimostrare che nelle varie parti diversamente grosse di un filo di uniforme natura chimica il ri-

(*) *Première continuation* ec., p. 42.

scaldamento varierebbe in ragione reciproca de' quadrati delle sezioni. Ma non voglio trattenere il lettore in dimostrazioni di cui non sono ben sicuri i fondamenti.

1438. La forma del filo non ha influenza sull'effetto calorifico, semprechè la natura e la lunghezza di esso e l'area della sezione trasversale sieno sempre quelle stesse: sia cilindrico il filo, sia spianato a modo di nastro o anche diviso in più fili, l'effetto è ognora il medesimo (1). Ciò deriva dall' effettuarsi il riscaldamento quasi in un istante; onde avviene che nulla v' influisce la diversa attitudine del filo a comunicare calorico all' aria circonvicina.

1439. Abbiamo fin qui considerato come variino gli effetti ne' fili stessi di cui si cangi la natura o si alterino le dimensioni; passeremo ora alle variazioni che succedono in altri fili congiunti ad essi in modo da esser percorsi dalla medesima corrente, ma lasciati inalterati.

L' aumento della lunghezza d' un filo metallico indebolisce l' effetto calorifico anche in un altro filo secolui congiunto; il che è chiaro e dalle dottrine del moto dell'elettrico lungo i conduttori (§ 1293), e dalla sperienza di Harris citata al § 1429, e da altre di Priestley. Questi colla scarica di una batteria, la quale era atta a fondere nove pollici d'un filo di ferro di data sottigliezza quando vi veniva guidata da corti conduttori; non ne potè fondere un pezzo assai più breve allorquando fe' fare ad essa scarica un giro di circa 20 metri (22 yards) per un filo d' ottone piuttosto sottile; ed anche lo strepito della scintilla fu assai più debole. E ne fuse soltanto mezzo pollice guidando la scarica per una cordicella pur di ferro grossa un quinto di pollice, e a quel che pare, della stessa lunghezza (2).

L' essere un filo più sottile e meno conduttore, e perciò più sensibile all' azione calorifica di una data scarica; fa in vece che sia più debole una tale azione su d'un altro filo secolui connesso; stantechè per queste circostanze la corrente elettrica si fa men rapida.

Ne segue che ad avere maggiori gli effetti calorifici, giova tener sottile quella sola parte del metallo sulla quale questi

(1) *Phil. Trans.*, 1827, p. 23.
(2) *Phil. Trans.* T. LIX, p. 65.

effetti si vogliono produrre, usando in vece grossi e insieme corti i rimanenti conduttori pe' quali la scarica è obbligata a trascorrere, come s'è già accennato al § 1437.

1440. Da queste dottrine si può trarre un metodo per determinare la facoltà conduttrice de' varii metalli: consiste esso nel cercare quali lunghezze occorrono a fili di diversa natura e di pari grossezza, affine di produrre un costante effetto calorifico in un altro dato filo secoloro connesso.

1441. *Impronti metallici sulle lastre di vetro.* Sono essi una conseguenza della volatilizzazione de' metalli, della quale si è poc' anzi parlato. Ecco in qual modo si pratica per ottenerli.

Si prendono due pezzi di comune vetro da finestre, della lunghezza di circa tre pollici e della larghezza di circa un pollice; si mette fra essi una listerella di foglia d'oro o d'argento o d'ottone o di stagno, larga mezza linea nel mezzo, ma un po' allargata alle estremità, lasciando avanzar fuori una piccola porzione di essa listerella da ciascun capo; e quindi vi si fa passare la scarica di una batteria: la foglia metallica si impronta con ciò parte sull'una e parte sull'altra lastra di vetro, aderendovi così fortemente che nemmeno l'acqua forte e l'acqua regia bastano a levarla (1).

Spesse volte in questo sperimento i vetri si rompono, con fenditure ordinariamente partenti dal luogo ove la lista metallica è più stretta; e a Beccaria accadde d'avere un de' vetri fesso soltanto alla superficie esteriore (2); il che gli fa pensare che cotali rotture nascano da un subitaneo riscaldamento interno: potrebbe però anche esserne causa l'espansione del vapore metallico. Per impedire queste rotture, Priestley univa tre lastre di vetro l'una sopra l'altra, ponendo una listerella metallica fra l'infima e la media, e un' altra fra la media e la suprema, e faceva quindi passare contemporaneamente la scarica per entrambe le listerelle: con ciò la lastra di mezzo rimaneva intatta, e mostrava gli impronti metallici da ambedue le facce (3).

(1) Cavallo, *Trattato completo di Elettricità*, p. 328. — Beccaria, *Elettricismo artificiale*, § 693 e 701.

(2) Beccaria, *ibid.*, § 706.

(3) *Ibid.*, § 699.

1442. In questi impronti osservò il Beccaria diverse notabili particolarità (*). Osservò primieramente che essi si trovano alquanto internati nelle parti del vetro, il quale, secondo lui, alla superficie viene liquefatto. Della qual liquefazione egli mostrò la possibilità col far internare in esso vetro qualche particella di limatura d'ottone bella e intera, cosa che altrimenti non sarebbe stata possibile. Inoltre esaminando coll'unghia e col dito que' luoghi del vetro che corrispondevano alla parte più ristretta della listerella metallica, li trovava alquanto incavati ed aspri. Epperò non è meraviglia che questi impronti non sentano gli acidi, essendone difesi da un velo vitreo. Pare che le particelle metalliche, all'entrare nella superficie fusa del vetro, traggano intorno a sè le parti fluide di essa e se ne vestano. E cotal fusione superficiale rende più probabile, secondo Beccaria, che le lastrette si rompano per riscaldamento.

Della fusione del vetro adduce Beccaria quest'altro esempio. Aveva egli un cilindro di vetro massiccio grosso un pollice e lungo nove pollici, difeso da un ombrello di latta e adattato a un suo apparecchio per l'elettricità atmosferica. Ora due scintille d'un fulmine scagliarono su esso cilindro due porzioncelle della latta dell'ombrello, improntandole in que' luoghi ove le scintille eransi appoggiate a un tale cilindro; i quali luoghi erano manifestissimi, vedendosi ivi fuso il vetro ad una profondità sensibile, e riconoscendosi chiare le onde della fusione, le quali progredivano, successivamente scemando, sino entro all'impronto del metallo. Ciascuna di queste macchie, risultanti dal vetro fuso e dal metallo improntato in giro, era lunga secondo l'asse del cilindro cinque linee circa, e larga da tre in quattro linee.

1443. Una seconda particolarità si è che queste listerelle metalliche nell'improntarsi cangiano di colore. Quai particolari cangiamenti però avvengano ne' varii metalli, lo si può vedere nell'*Elettricismo artificiale* di esso Beccaria al § 707 e seguenti.

Da questo cangiamento e da quanto si è veduto de' fili attraversati dalla scarica (p. 622 e 623), pare che le li-

(*) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, § 700 e seg.

sterelle metalliche nel passaggio suddetto vengano ossidate, per quanto almeno il permette la scarsa quantità d'ossigeno che si trova in vicinanza di esse in mezzo alle lastrette di vetro.

1444. In terzo luogo questi imprònti metallici non sono più conduttori dell'elettricità, come Beccaria e Priestley si sono assicurati; il che si dee ad un tempo attribuire e all'alterazione sofferta dal metallo, e alla discontinuità delle parti, la quale discontiuuità riesce ben visibile col microscopio (1).

È con ciò si può spiegare come una listerella assai lunga, serrata fra lastrette di vetro, e fatta attraversare da una abbondante scarica, lasci indietro un grande residuo di questa. Essa listcrella perde la sua conducibilità durante la scarica, prima di averla trasmessa tutta intera.

1445. Un quarto effetto prodotto in queste listerelle si è che nell'oro, nell'argento, nel rame e nello stagno le parti fuse sono distribuite a solchi posti di traverso al sentiero della scarica, per modo che si vanno alternando delle linee più oscure formate da parti fuse più copiose, e delle linee ove tali parti sono o più rare o nulle, e dove perciò il vetro è più trasparente. Questi solchi alternati sono più stretti nell'oro, mostrando all'occhio nudo un'apparenza quasi perfettamente continuata; ma colla lente appajono benissimo distinti, salvo ne' luoghi ove la fusione ha prodotto maggior densità. Lo stesso è dell'argento. Nel rame i solchi sono più discernibili. Nello stagno poi sono ancor più grossi e più appariscenti. E oltre ai primi e più sottili solchi che possiamo chiamare semplici, ne appajono altri più grossi e composti da molti dei semplici.

1446. La quinta ed ultima particolarità di questi impronti si è ch'essi veggonsi fiancheggiati da sfumature, le quali nell'oro e nell'argento hanuo lo stesso colore dell'impronto centrale, facendosi però un tal colore nelle distanze maggiori gradatamente più languido; nel rame invece e nello stagno esse sono fumose e nereggianti. Anche le lamine di piombo trattate in certa particolar maniera danno un fumo nereggiante, forse più nero che nol diano altri metalli (2).

(1) *Elettricismo artificiale*, § 698 e 699.
(2) *Ibid.*, § 716.

1447. *Impronti colorati di Canton e di Van Marum.* Il primo gli otteneva nel vetro col far disperdere sopra di questo de' sottili fili metallici per mezzo della scarica elettrica (1). Il secondo gli otteneva facendo disperdere de' somiglianti fili sopra fogli di carta per mezzo delle sue enormi batterie. Se ne possono vedere i bei disegni nella sua *Première continuation des expériences* ec., a p. 64 e seg.

I precedenti effetti nascono dall'elettrico mentre trascorre per entro ai metalli. I seguenti esso li produce tragittando a modo di scintilla dall' un pezzo metallico all' altro.

1448. *Segni di fusione sulle superficie metalliche.* Osservò Priestley che una superficie metallica a cui arrivi o da cui parta mediante scintilla la scarica di una forte batteria, mostra nel luogo ove entra od esce la corrente, una macchia circolare formata di punti lucidi, con dintorno uno e talvolta più anelli circolari formati similmente di punti lucidi (2). Per migliore riuscita giova usare una batteria assai ampia, avente, p. e., quaranta o cinquanta piedi di estensione armata, ma che sia carica ad una tensione moderata (3); e l' occhio il distingue meglio sopra superficie appannate (4). La macchia centrale è larga da un ottavo a un quarto di pollice (5); e i punti lucidi che la formano sogliono essere più larghi verso il centro, e più piccoli a maggiore distanza da esso (6); talora sono distribuiti alla guisa di tanti raggi; ed esaminati col microscopio, si riconoscono essere tante minime cavità rotonde, fra le quali talvolta si osservano anche alcune bollicelle (7). Intorno a questa macchia centrale suol esservi, come s' è detto, un anello circolare di punti lucidi simili ai precedenti, in generale assai ben disegnato (8), e separato da essa macchia per qualche piccolo intervallo (6). Talvolta, come avviene nello stagno, si ha altresì all' intorno un secondo anello somi-

(1) *Phil. Trans.* T. LVIII, p. 73.
(2) *Histoire* ec. T. III, p. 327 e seg.
(3) *Ibid.*, p. 334.
(4) *Ibid.*, p. 337.
(5) *Ibid.*, p. 332 e 341.
(6) *Ibid.*, p. 328.
(7) *Ibid.*, p. 329.
(8) *Ibid.*, p. 335.

gliante, con altrettanto intervallo di mezzo (1). E adoperando una lega fusibile nell'acqua bollente, Priestley ottenne anche un terzo anello (2); ma in questo caso la macchia centrale era affatto cancellata. Talvolta fra la macchia centrale e il primo anello si trova sparsa una polvere nera che facilmente si può nettar via (3). E talvolta altresì quest'intervallo è seminato di alcuni punti lucidi più rari (4). Le tre apparenze, ad eccezione della polvere nera e de' punti lucidi sparsi, si veggono disegnati nelle fig. 188, 189 e 190.

Variando la natura de' metalli si cangia la profondità di questi punti lucidi (5), ma non già la larghezza della macchia e degli anelli (6), seppure non si eseguisca la sperienza in aria diversamente densa o con batterie di diversa capacità; perocchè in aria più densa i diametri scemano, e pare che questi variino anche colla capacità delle batterie (7). Non differiscono essenzialmente cotali segni nè in forma nè in grandezza, sia che entri l'elettrico nel metallo, ovvero ne esca; pajono però meglio disegnati quando esso entra (6). Ma per altre particolarità è da vedersi quanto ne dice Priestley, il quale si è lungamente occupato di questo fenomeno.

Pare da questo fatto che la scintilla della scarica di una batteria sia formata da una gran moltitudine di scintille minori, le quali nel luogo della partenza e in quello dell'arrivo facciano fondere il metallo e ne sollevino delle bollicine, le più delle quali scoppino e lascino una cavità rotonda, ma alcune rimangano senza scoppiare. E di questa suddivisione della scintilla in altre minori, Beccaria ha trovato diversi altri esempii in scariche fatte su foglie di stagno (8). La distribuzione poi ad anelli, ecco in qual modo esso Beccaria la stima prodotta. Le scintillette più centrali, che sono le prime a passare, attesa la minore di-

(1) Priestley, *Histoire* ec. T. III, pag. 336.
(2) *Ibid.*, p. 337.
(3) *Ibid.*, p. 328.
(4) *Ibid.*, p. 332.
(5) *Ibid.*, p. 331.
(6) *Ibid.*, p. 333 e 334.
(7) *Ibid.*, p. 335 e 340.
(8) *Elettricismo artificiale*, § 572.

stanza de' conduttori, fanno dilatar l'aria ove tragittano, e comprimere quella che loro sta d'intorno, rendendola meno atta al passaggio dell'elettricità; questa perciò, avvicinandosi i conduttori alcun poco, tralascia di passare per cotale tratto d'aria compressa, e tragitta in vece per un altro inviluppo cilindrico d'aria situato immediatamente all'intorno, e fino al quale in quel brevissimo intervallo di tempo la compressione non ha potuto inoltrarsi, e così nasce il primo anello: queste altre scintillette comprimono alla lor volta un altro inviluppo successivo, donde ha origine un altro tratto di difficile passaggio per l'elettricità; dopo di cui in un modo somigliante si forma il secondo anello, e così di seguito (1).

Con questi anelli crede Priestley che abbiano relazione certi altri anelli assai più grandi che si osservano ne' prati sotto il nome di *anelli magici* o di *cerchii incantati*, e ne' quali l'erba si mostra di un verde più oscuro (2); e Beccaria aveva già espressa prima di lui la medesima opinione (3). Ma noi non ci fermeremo su ciò.

1449. *Anelli colorati di Priestley.* Gli effetti precedentemente esaminati nascono, come si è veduto, dall'azione fondente delle scintille elettriche. I seguenti in vece sono da riferirsi alla facoltà che hanno esse scintille di volatilizzare i metalli e di diffondere e deporre all'intorno i loro vapori o ossidati o ancora metallici. Collocava Priestley un'acuta punta metallica a piccola distanza da una superficie metallica piana, p. e. alla distanza di una linea, di mezza linea, ec., e quindi faceva passare dall'una all'altra una numerosa successione di scintille di una batteria che aveva 21 piedi quadrati di superficie armata; e con ciò si formavano su tale superficie, al di là de' segni di fusione menzionati poc'anzi, diversi anelli concentrici, consistenti ciascuno in una serie di colori prismatici. I colori, considerati in uno stesso luogo, si cangiavano sino ad un certo segno coll'aumentare il numero delle scariche; gli anelli differivano nel diametro e nella prontezza a mostrarsi, se-

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, § 575.
(2) *Histoire* ec. T. III, p. 346.
(3) Beccaria, *ibid.* § 574.

condo la diversa distanza della punta; presentavano essi qualche cangiamento di figura, se la punta si teneva situata obliquamente verso la superficie metallica; però non mostravano differenza dall'essere l'elettrico mandato dalla punta alla superficie metallica, ovvero da questa a quella. E anche sulla punta si vedevano de' somiglianti anelli colorati, stendentisi talora fino alla distanza di mezzo pollice dall'estremità, però non sì distinti. Ma per più ampie particolarità si può vedere la relativa memoria di quel fisico (1). Parleremo assai più innanzi d'altri anelli simili a questi, ottenuti dal Nobili colle correnti Voltiane.

1450. A una volatilizzazione somigliante noi possiamo pur riferire il trasporto delle sostanze metalliche che il dottor Fusinieri ha osservato operarsi per mezzo delle scintille (2). Vedremo esempii di essa volatilizzazione anche ne' liquidi (§ 1458 e 1459).

1451. *Effetti calorifici sui corpi non metallici.* Beccaria chiudeva entro un tubo di vetro dell'interno diametro di mezza linea delle polveri or d'una or d'altra sorte, facendone de' cilindretti alti mezza linea, una linea, o più, secondo che esse polveri erano più o meno isolanti; e ve le calcava con due fili di ferro che uguagliavano prossimamente il diametro del tubo; e fasciava questo con robusta carta, per poter esaminare i pezzi di esso, che veniva spesse volte rotto dalla scintilla. Una tale scintilla era d'ordinario quella ottenuta da due quadri formanti insieme un'estensione armata di sette piedi quadrati.

Assoggettata a questa prova la polvere di borace, venne essa fusa; perocchè da bianca ed opaca si ridusse in un corpicello unito e trasparente, aderente al vetro. La raschiatura di gesso laminare venne calcinata. Il litargirio,

(1) *Phil. Trans.* T. LVIII, p. 68.

(2) *Giornale di Fisica di Pavia*, 1825, p. 450. — Secondo il dottor Fusinieri l'elettrico avrebbe anche il potere di trasportare delle sostanze metalliche attraverso ad altre sostanze pur metalliche. Ma questa conclusione viene contraddetta da Pfaff che fece su ciò diverse sperienze, e il quale attribuisce le apparenze ottenute da Fusinieri agli anelli colorati di cui si è testè parlato (Gehler's *Physik. Wört.*, art. *Schlag, elektrischer*, p. 544).

il verderame, l'ossido d'antimonio diedero segni di vitrificazione. La polvere di zinco gettò dalle due bocche del tubo due verghette di bianco fumo, dal quale venne altresì tutto appannato l'interno del tubo (1).

Un altro esempio di riscaldamento in corpi non metallici l'abbiamo nella sperienza di Singer citata al principio di questo Capitolo. E un altro relativo al vetro l'avemmo al § 1442.

1452. Da tutto ciò parrà ben naturale la conclusione del Beccaria, cioè che il fluido elettrico, quando ne irrompa una corrente copiosissima, produce i medesimi effetti del calorico, ma in un tempo incomparabilmente più breve (2). E ne avremo altre prove ne' fatti seguenti.

Espansione de' fluidi.

1453. *Dilatazione de' fluidi aeriformi.* È un fatto assicurato da un gran numero di prove, che l'elettrico attraversando l'aria la fa dilatare; e ciò dee certamente avvenire anche cogli altri fluidi aeriformi.

Ne abbiamo un primo esempio nel *Soffione elettrico* di Beccaria. È questo un cannello *AB* (fig. 191), sigillato ermeticamente ne' suoi due capi *A* e *B* attorno a due fili di ferro disgiunti in *C*, *D*: normalmente a questo intervallo è innestato un beccuccio di vetro *F*, da cui, nell'istante che tragitta la scintilla, esce un soffio d'aria, il quale o abbatte un monticello di polvere oppostogli in *F*, od agita una mobilissima rotella, od anche ammorza una candeletta (3).

1454. Si ha un effetto somigliante nel *Termometro aereo-elettrico* di Kinnersley, formato nel modo seguente (4). *AB* (fig. 192) è un tubo di vetro largo due pollici, lungo dieci,

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, § 738 e 739.
(2) *Ibid.*, § 742 e seg.
(3) *Ibid.*, § 536.
(4) *Ibid.*, § 538. — Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 392; T. III, p. 74. — Gehler's *Phys. Wört.* ec., art. *Luftthermometer*, p. 621.

chiuso alle estremità da due fondi di ottone, attraverso ai quali passano due fili *FG, IE,* pur di ottone, ciascun de' quali termina esteriormente in un uncino e internamente in una palletta, e de' quali l'inferiore è saldato nel rispettivo fondo di ottone, mentre il superiore passa semplicemente a tenutà d' aria attraverso all'altro fondo. Attraverso a quest'ultimo passa eziandio un cannellino di vetro *H* aperto da ambe le estremità e tuffato coll' apertura inferiore in un po' d'acqua contenuta nel tubo. E il tutto è verticalmente fermato al piede *CD*.

Fatta passare, colla scarica di una boccia o di una batteria, una scintilla fra le palle *G, I,* s'alza immediatamente l' acqua entro il cannellino *H* sino ad un'altezza che è tanto più grande quanto più lungo è il salto della scintilla, e quanto più grande è la carica della boccia o della batteria. Osserva altresì Kinnersley che nell' istante dell'esplosione l'acqua si innalza anche sino alla superiore estremità del tubo, ma però torna a discendere immediatamente d'un gran tratto, non però fino al luogo primitivo, al quale non arriva che adagio adagio dopo qualche tempo. Si ammette che il primo istantaneo innalzamento sia principalmente dovuto allo spostamento dell'aria, o alla grandissima di lei rarefazione prodotta dalla scintilla nel luogo del suo passaggio; e il residuo di questo innalzamento, che si mantiene per qualche poco, lo si attribuisce a un po' di calore comunicato dalla scintilla all'aria. Ed è assai ragionevole tutta questa spiegazione, giacchè di tale comunicazione di calore noi abbiamo molte altre prove. Potrebbe però in questo residuo di dilatazione avere altresì parte un resto di elettricità rimasto nell'aria dopo la scintilla, il quale tenesse alcun poco allontanate l'una dall'altra le molecole aeree (1).

Beccaria fu il primo ad osservare una tale dilatazione, e ne adduce molte altre prove, le quali per brevità noi ommettiamo (2).

1455. Dalla suddetta espansione dell'aria e dal consecutivo retrocedimento di questa nasce lo strepito della scintilla,

(1) Bellani, *Opuscoli matematici e fisici.* T. II, p. 218. Milano, presso Giusti, 1834.

(2) *Elettricismo artificiale*, p. 227 e seg.

lo stridore del fiocco e il sibilo della stelletta. E Priestley fa da essa dipendere i movimenti de' corpi leggieri, in vicinanza ai quali venga scaricata una boccia o una batteria. E in vero il movimento dell' aria non si dee valutare soltanto dallo spazio che viene occupato dalla scintilla, ma molto più dalla prontezza con cui questa apre il suo cammino; la quale prontezza fa sì che l' aria venga rimossa con grande forza, e spinta sino ad una distanza assai maggiore di quello che basta a lasciare libero il passo all'elettricità; e da questo veloce e notabile allontanamento possono benissimo venire urtati e smossi cotali corpicelli. Osserva adunque Priestley, che ponendo de' pezzetti di sughero o di legno o delle polveri di qualsivoglia specie lungo il sentiero della scarica o a poca distanza da esso, vengono siffatti pezzi nell' istante dell' esplosione spinti lontano secondo direzioni che partono dal centro dell'esplosione medesima, e scagliati qua e là sino a notabili distanze, specialmente quando la scarica venga fatta passare con lunga scintilla sopra la superficie di sostanze animali o vegetabili nel modo veduto al § 1389. Chiudendo della polvere da schioppo nel tubo di una penna da scrivere o entro un involto cilindrico di carta, con inseriti dalle due bande due fili metallici le cui estremità arrivino a piccola distanza l'una dall' altra, e facendo passare per questi una scarica affine di accendere la polvere, accade sovente che questa non s' accenda o se n' accendano solo pochi grani, e il più di essa venga disperso in varie parti della camera e lanciato in volto ai circostanti, benchè la scarica arrivi a fondere i fili metallici in mezzo ad essa polvere, e ne vengano lanciati per la camera de' pezzettini roventi. E si persuase Priestley che questi movimenti non nascono da elettricità che abbian ricevuta i corpicelli stessi scagliati, ma bensì, come si è detto, da un moto dell'aria. Però le prove possono vedersi nella di lui memoria, ove si espongono diverse altre circostanze del fenomeno (*). Osserva egli poi che quanto più forte è la scarica, tanto più grossi corpi ella può scagliare, e a tanto maggiore distanza; di maniera che egli non dubita di spiegare a questo modo l' es-

(*) *Phil. Trans.*, 1769, p. 57.

sere talvolta spinte dal fulmine delle persone e altri corpi sino a considerevole distanza senza riceverne danno.

Trovò inoltre Priestley che lo scagliamento de' corpi leggieri succede anche quando si fa passare una forte scarica da un filo sottile, talchè esso si scaldi o si arroventi o si fonda; nel qual caso i corpicelli situati presso questo sono lanciati a tanto maggiore distanza, quanto più esso filo è sottile e forte la scarica.

1456. La scintilla non sarebbe ella altro che un fortissimo riscaldamento e arroventamento dell'aria percorsa dall'elettricità? Osservo che quella quantità di calorico la quale può scaldare di 800° C un pezzo di fil di ferro grosso 1/4 di millimetro, può scaldare di 2500° C un cilindro d'aria della stessa massa cioè grosso 20 millimetri, e di 250000° C uno grosso 2 millimetri.

1457. *Volatilizzazione ed espansione dell'acqua e di altri liquidi.* Nollet ha trovato che l'elettricità anche tranquilla promove l'evaporazione dell'acqua e degli altri liquidi. Elettrizzando cioè un vaso che sia affatto pieno d'un liquido, affinchè divenga elettrizzata anche la superficie di questo, si trova che l'evaporazione ne diviene più celere: forse l'elettricità tende a portar via seco lei delle molecole acquee in istato di vapore; e forse ella produce l'effetto coll'accelerare i movimenti dell'aria circonvicina.

Beccaria appese a un conduttore di una macchina elettrica un vasellino di latta pieno d'acqua, alla distanza di poco più di tre pollici; e al fondo di esso unì un cerchio pur di latta largo un piede, affinchè la superficie dell'acqua si trovasse nell'interno di un sistema elettrizzato e ricevesse poca elettricità. Fermò sul dorso del conduttore un altro simile vasellino similmente pieno. Isolò alla distanza di sei piedi dal conduttore, tenendolo però in comunicazione con questo, un terzo vasellino similmente pieno, il quale non avendo vicino altro conduttore elettrizzato, si elettrizzava alla superficie più che il vasellino precedente. Finalmente

da un altro lato della camera, pure alla distanza di sei piedi dal conduttore e in comunicazione collo stesso, isolò un quarto vasellino, anch' esso pien d'acqua; ma sopra di esso fe' pendere dalla soffitta un cerchio di latta lontano cinque pollici e largo un piede, il quale elettrizzandosi contrariamente per induzione aumentasse la carica del detto vasellino. E in tre ore di continuata azione della macchina (interrompendo di tratto in tratto lo strofinamento, affinchè il vetro riacquistasse forza, e tenendo conto de' soli tempi in cui esso veniva strofinato), il primo vasellino non perdette peso sensibile, e gli altri tre perdettero ordinatamente mezzo grano abbondante, un buon grano, un grano e mezzo (1).

1458. Un effetto somigliante, ma in un tempo incomparabilmente più breve, viene prodotto anche dall'elettricità in moto. Col mezzo di fili di seta Beccaria appendeva alle braccia di una bilancetta due sottili lastrette di vetro di peso uguale, a modo di piattellini, e le bagnava tutte e due con un pennello in tal guisa che il peso restasse uguale; e fatta passare la scarica per una di esse, l'altra sempre preponderava (2). In questa sperienza l'acqua potè essersi dissipata in due modi, cioè e in istato di minutissime gocciole sprizzate via, e in istato di vero vapore. Che qualche poco se ne dissipasse nel primo modo, può ragionevolmente presumersi dal vedere che posta una grossa goccia d'acqua su di un vetro, e fatta passare per essa una forte scarica, si veggono sbalzare delle goccioline sul vetro stesso lateralmente alla goccia. Ma che se ne dissipasse anche allo stato di vero vapore, lo si può ricavare per analogia dalle seguenti prove fatte col mercurio.

1459. Pose Beccaria una grossa goccia di mercurio in fondo a un vaso di porcellana, la fece comunicare da

(1) *Elettricismo artificiale*, § 649.
(2) *Ibid.*, § 601.

un lato col conduttore di una macchina elettrica, e dall'altro lato vi pose in uguale vicinanza due monete d'oro ritenute da due mollette; mantenuta una di queste in continua comunicazione col suolo e posta in azione la macchina, sì che tragittassero continuamente delle scintille dal mercurio a cotal moneta; trovò dopo molte di siffatte scintille che la moneta era tinta nel margine di un colore cilestro; e nulla di simile vide nell'altra (1). Dal che si hanno due conseguenze: 1.ª che una porzione del mercurio venne ridotta in vapore; 2.ª che le molecole volatilizzate vennero dalla scintilla trasportate sull'oro. Osserva eziandio il Beccaria che il mercurio fuma nell'inverno sotto l'azione della scarica (2).

Abbiamo già veduto (§ 1389) come per mezzo della riduzione dell'acqua in vapore si dia ragione delle lunghe scintille colle quali l'elettricità passa sulla superficie dell'acqua e dei corpi leggiermente umidi.

1460. L'acqua attraverso alla quale tragitti una breve scintilla si espande con gran forza rimovendo violentemente gli ostacoli che tentano di ritenerla; e ne abbiamo avuto prova ne' cannelli di vetro da essa spezzati (§ 1387). Oltre a questa prova fece il Beccaria una specie di schioppo con della ceralacca, e con esso lanciò una piccola palla di piombo nella creta molle. Ma più bella è la sua sperienza del *Mortajo elettrico*, di cui ecco la descrizione. *ABHIK* (fig. 193) è un cilindro di cera comune tagliato in *AH* ad-angolo semiretto. Ha esso in *EDF* una cavità emisferica ove può essere ricevuta la metà di una palla *P* di legno. Sotto a questa cavità vi è in *DL* una cameruccia ove con un pennello si pone una goccia d'acqua; l'asse *LB* del cilindro è occupato da un filo d'ottone che giunge con un'estremità sino a que-

(1) *Elettricismo artificiale*, § 661.
(2) *Ibid.*, § 601.

sta cameruccia; la quale da un altro lato comunica con un altro somigliante filo terminato in *G* da un bottoncino pure metallico. Posto un tale mortajo sul quadro Frankliniano, messa l'acqua, adattata la palletta, e guidata la scarica al bottoncino *G*, saltava la palla *P* sino alla distanza di 20 piedi. Colla scarica di tre ampii recipienti armati, la palla giunse a 25 piedi. Arrivava a una distanza ancor maggiore, se all'acqua si sostituiva dello spirito di vino, e ad una ancor più grande se questo era canforato (1).

Il venire scagliata via l'acqua da un vaso ove trovavasi immerso un filo metallico fatto percorrere dalla corrente elettrica (p. 623), nasceva probabilmente dall'uscire una porzione di essa corrente nella circostante acqua, la quale ne veniva espansa.

Van Marum pose a galleggiare entro una piccola vasca d'acqua una specie di barchetta, nella quale stava innalzata una colonnetta di legno alta 5 pollici e grossa $^3/_4$ di pollice. Avendo fatta passare attraverso all'acqua, due pollici al di sotto della barchetta, la scarica della sua batteria di 225 piedi quadrati mediante due fili metallici interrotti per un intervallo di due pollici, la colonna saltò a un'altezza maggiore di 3 piedi (2).

In tutti questi fatti lo espandersi del liquido pare che nasca da istantaneo riscaldamento di una piccola parte di esso, la quale rapidamente si dilati o si volatilizzi e scagli via la parte rimanente.

1461. Da una tale azione dell'elettricità il Beccaria fa dipendere diversi importanti fenomeni della natura. Tali sono lo scagliar via che fa il fulmine con grande violenza i liquori e i vasi che li contengono; lo squarciarsi in pezzi le scarpe delle persone fulminate per l'umido de' piedi ridotto in vapore; il ridursi in cenci le vesti bagnate delle persone medesime, ec. (3).

(1) *Elettricismo artificiale*, § 592.
(2) *Première continuation* ec., p. 178.
(3) *Elettricismo artificiale*, § 593.

Effetti meccanici ne' corpi solidi.

1462. ***Traforamento delle carte.*** **Una scintilla tratta da una boccia di Leida o da un quadro Frankliniano, ha forza di traforare un foglio di carta ed anche una serie di più fogli, lasciandovi un piccolo forellino, e talora anche più di uno. Si pone una carta da giuoco o la coperta di un libro o un mazzo di più fogli di carta comune sopra una lamina metallica comunicante coll' armatura esterna della boccia, sopra questa carta si pone un capo dell' arco scaricatore, e si avvicina l' altro capo al bottone della boccia medesima. Con che si ha la scarica, e la carta è traforata.**

Guardando il foro vi si vede da ambedue le bande un orlo o sfilacciatura volta all' infuori, simile nón già all' effetto di un corpo mosso nella direzione che ha secondo Franklin la corrente elettrica, ma bensì all' effetto di un' esplosione operatasi dall' interno della carta verso l' esterno. E quando le carte sieno molte, e per fissar le idee, si suppongano collocate orizzontalmente, tutti i fori si corrispondono nella stessa linea verticale, ma sono più angusti ne' fogli di mezzo, e si allargano dal mezzo in su e dal mezzo in giù, e ciascun foglio mostra un orlo o sfilacciatura che dal mezzo in su si volge all' alto, entrando ciascun orlo nel foro del foglio immediatamente sovrapposto, e dal mezzo in giù si volge abbasso entrando similmente ciascun orlo nel foro del foglio immediatamente sottoposto; e sono tanto maggiori gli sporgimenti degli orli, quanto più si va lungi dai fogli di mezzo. Talvolta i fori sono più di uno, ma corrispondentemente minori di grandezza, e mostrano i medesimi accidenti.

La sperienza riesce meglio con una batteria: si ha un foro più grande, e può esser traforato un maggior numero di fogli. Però il numero de' fogli forati dipende più dalla

tensione che dalla capacità (1). Colla scarica di 1200 pollici quadrati di armatura vennero traforati 160 fogli (2); e Van Marum con un una batteria di circa 135 piedi inglesi quadrati caricata dalla potente macchina di Harlem ne traforò 192 (3).

Pare che l'elettricità nell'attraversare la carta dilati l'aria esistente ne' pori di questa, e la faccia espandere in tutte le direzioni, e che così essa aria respinga per ogni verso gli ostacoli che si oppongono alla sua dilatazione. E forse si volatilizza o si abbrucia anche qualche particella di carta. All'odorato poi si sente in quel fumo l'odore proprio dell'elettricità.

1463. Beccaria, il quale si è occupato assai intorno a questo fatto, ha osservato che quando le carte sono fortemente compresse dai metalli, gli orli o sfilacciature sono meno rilevati e i fori meno aperti. Se nel mezzo del mazzo vi è qualche vano, ivi il foro è più ampio, e con sfilacciature che si rivolgono contro quel vano (4).

Per meglio riconoscere quest'ultima circostanza egli divideva il mazzo in parecchi quaderni, separati l'uno dall'altro per mezzo di plichi di carta frapposta, e faceva saltare la scintilla in modo da dover passare pe' diversi vani interposti. E trovava che ogni separato quaderno aveva il foro colle sfilacciature verso l'infuori, di maniera che in due quaderni vicini le sfilacciature delle superficie affacciate erano volte l'una verso l'altra.

1464. Avendo egli collocato il mazzo sopra una delle armature del quadro, e posta in mezzo ad esso mazzo una foglia di stagno, osservò i seguenti fatti (5):

1.° Fra lo scaricatore e la foglia di stagno eravi un foro unico, ma fra questa foglia e l'armatura del quadro vi erano due, tre e più fori, i quali esaminati diligentemente erano appunto in quei tali luoghi ove le carte o per maggiore sottigliezza o per tessitura meno compatta erano

(1) Priestley, *Histoire* ec. T. III, p. 118.
(2) *Ibid.* T. II, p. 98.
(3) Van Marum, *Description* ec., p. 162.
(4) *Elettricismo artificiale*, § 543.
(5) *Ibid.*, § 570, 571, 572.

meno resistenti, e i più ampii di essi mostravano alcuna circostanza in grazia di cui le carte avevano ivi dovuto cedere più facilmente; in guisa che talora egli si prendeva piacere a determinare i luoghi ove voleva che si facessero i forellini, bucando, raschiando, o anche inumidendo alcuna delle carte. Per poter osservare l'andamento di questi forellini egli cuciva insieme il quaderno nella piegatura de' fogli, ma la foglia di stagno la saldava con pasta, giacchè in caso diverso la scintilla sarebbe passata pei fori della cucitura.

2.° Una tal cosa avveniva sì dirigendosi l'elettrico dallo scaricatore all'armatura del quadro, come seguendo esso una direzione opposta; talchè nel primo caso la foglia di stagno faceva suddividere la scintilla, e nel secondo faceva riunire le scintillette parziali. Questa moltiplicità poi di scintille la otteneva sovente anche senza la foglia metallica interposta.

3.° Ambedue le metà del mazzo, nelle facce contigue alla interposta foglia di stagno, avevano gli orli de' fori rivolti verso questa foglia, presso a poco come se in luogo di una tale foglia vi fosse stato un intervallo vano (1). Il che si sarebbe potuto rendere più riconoscibile facendo che il mazzo confinasse da ambedue le parti con conduttori poco ampii, onde non si avesse suddivisione di scintilla.

4.° La foglia di stagno nel luogo della scintilla era fusa, e in modo più apparente che venendo attraversata da una simile scintilla nell'aria libera, atteso il maggiore addensamento dell'elettricità ristretta in mezzo alla carta (2).

1465. Posta fra due quaderni una carta unta d'olio o di sego, con sotto ad essi una foglia di stagno, e fattavi passare una forte scarica, si trovano abbrustolite intorno al foro la carta unta e le due contigue; così pure si trova abbronzato l'orlo del foro nella carta infima contigua alla foglia di stagno, e anzi guardando con una lente lo si vede pieno di particelle di stagno fuso; nelle altre carte il foro non è annerito (3).

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, § 549.
(2) *Ibid.*, § 550.
(3) *Ibid.*, § 744.

1466. Se il capo dell' arco conduttore che si pone sul mazzo delle carte termina in punta, supposto esso mazzo collocato ancora sopra l'armatura del quadro e senza foglia di stagno frammezzo e senza intervalli vani, in questo caso, qualunque sia la direzione dell' elettricità, l' orlo del foro è rivolto all' insù in tutte le carte, ad eccezione dell' infima che lo ha rivolto all' ingiù (1). Da ciò appare che il centro donde si può considerare originata l' esplosione si trova ad assai maggiore distanza dalla punta che non dall' armatura del quadro; il che è analogo al fenomeno del restringimento della scintilla nell'aria, quando questa scocca fra un corpo più convesso ed uno più appianato (p. 573).

1467. Facciasi traforare dalla scintilla un foglio di carta da giuoco posto fra due conduttori acuminati che non si trovino contrapposti, come si vede nella fig. 194, ove *AB* rappresenta una sezione della carta, *RP* il conduttore comunicante coll' armatura carica in più, e *QN* quello comunicante coll' armatura carica in meno: la scintilla nell' uscire dal conduttore positivo percorrerà una linea *PS* sulla faccia della carta rivolta ad esso conduttore, sino al punto *S* contrapposto al conduttore negativo; su questo non apparirà che un punto luminoso, e la carta sarà traforata in *SN*.

Questo sperimento si deve al sig. Lullin di Ginevra. E Cavallo osserva che con giare molto grandi l' esperimento riesce men bene, formandosi varii fori (2). Il sig. Tremery poi trova che facendo la sperienza in aria successivamente più rara, il foro si porta gradatamente più vicino al punto di mezzo dell'intervallo che separa i due conduttori; e che sotto la pressione di 5 pollici e 2 linee, il foro, indicato nella figura da *tu*, è vicinissimo a questo punto di mezzo (3).

1468. *Traforamento del vetro.* **Soffiata una bolla di sottil vetro, la si riempia d' acqua, o di mercurio, o di limatura di ferro, e quindi vi si introduca un**

(1) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, § 797.
(2) *Trattato completo* ec., p. 316.
(3) Haüy, *Traité de Phys.* T. I, p. 477. Ediz. 1821.

capo dello scaricatore, e con un tale arco così guernito si tenti la scarica del quadro. Balzerà da questo una scintilla che farà un foro rotondo nel fondo della bolla, largo circa una linea; e senz' altra fenditura. E questo è ciò che avviene assai comunemente quando la bolla sia di ottimo vetro bianco, senza bollicine o altre imperfezioni, e sia molto uniforme nella sua sottigliezza.

Però negli altri vetri men perfetti, benchè usati alla medesima maniera, e anche ne' vetri perfetti suddetti adoperati in altra maniera, si osservano altre particolarità, delle quali ecco le principali.

1.° Quando nel vetro vi sieno delle bollicine, pare che la scintilla preferisca alcuna di queste che sia meno resistente; nè sempre la rompe in tutta la sua larghezza, ma alcune volte vi apre un piccolissimo forellino, pel quale non passa la punta di un finissimo ago; e questo talora nel centro di essa bollicina, talora anche da un lato, e talora ove due bollicine si addossano l' una all' altra: qualche volta Beccaria esplorava il luogo del forellino soffiando entro la bolla e ricevendo il venticello sulla mano.

2.° Dal foro menzionato, o più ampio o più stretto che esso sia, partono parecchie fenditure, delle quali frequentemente alcuna o più rientrano in sè stesse e fanno staccare de' pezzi di bolla.

3.° Il foro manca talora della rotondità in alcuna porzione del suo giro, e talora prende una forma bislunga od angolare in una o più parti.

4.° L'orlo del foro si distingue da quello delle fenditure nel non essere liscio, ma fatto a minutissimi solchi che convergono verso l'interno della bolla, e che rendono esso orlo aspro e biancastro, qual è il colore del vetro minutissimamente sbriciolato.

5.° Lasciando vota la bolla e inserendovi un conduttore terminato in punta, il foro si restringe molto di più nel passare dall' esterna superficie della bolla all' interna.

6.° Talora le parti sbriciolate dalla scintilla rimangono a loro luogo o alcune o tutte. In questo caso l'aggregato

de' settori formati dalle fenditure mostra un cerchio biancastro, largo poco più di una linea, e il quale osservato colla lente si divide in un cerchio più bianco, in un anello contiguo trasparente, e in un altro anello più esterno formato da pochi punti bianchi, e da molti punticini di colori cangianti: nel che si ravvisa una somiglianza colle macchie e gli anelli di fusione osservati da Priestley sulle superficie de' metalli.

Altre particolarità e considerazioni su questo fenomeno si possono vedere nell'*Elettricismo artificiale* di Beccaria, a p. 142 e seguenti.

1469. Empiuta d'olio d'ulivo una piccola ampolla, la si chiuda con un turacciolo, a traverso del quale si faccia passare un filo metallico piegato internamente ad angolo retto e terminato in punta, e disposto per modo che girando liberamente intorno al collo dell'ampolla, la sua punta possa trovarsi a poca distanza dalle pareti della medesima; sospesa questa al conduttore di una macchina elettrica, mediante un filo metallico comunicante colla detta punta, e presentato il rovescio della mano o una sfera metallica all'esterno di quella parte del vaso che corrisponde alla punta medesima, una scintilla portandosi verso la mano trapasserà il vetro: cambiando posto alla punta, si potrà moltiplicare il numero di tali fori (1).

In questa sperienza la punta fa le veci d'interna armatura a una piccola estensione del vetro, nel quale l'olio impedisce all'elettricità di espandersi; così viene in quel piccolo spazio a stabilirsi una forte carica, dalla quale viene superata la resistenza del vetro e prodotto il foro.

1470. *Altri effetti meccanici.* Scaricandosi spontaneamente un vetro armato, la superficie di questo, nel luogo ove passa la scintilla, perde il pulimento, e vien segnata d'una traccia fatta per lo più a zig-zag (2). Il quale fenomeno può ottenersi anche nel modo seguente.

Si pongano due fili metallici a piccola distanza so-

(1) Singer, *Elementi di Fisica e Chimica elettrica*, p. 122.
(2) Priestley, *Histoire*, T. II, p. 98.

pra la superficie di una lastra di vetro, e col loro ajuto si faccia passare sopra essa lastra la scarica di una giara. Rimane su cotal lastra una traccia indelebile, che in generale si estende dall'estremità dell'un filo a quella dell'altro. Operando a questo modo, raro è che la scarica faccia rompere la lastra. Henly ha trovato di poter ottenere cotal rottura, comprimendo con de' pesi quella parte del vetro che si trova interposta fra i due fili metallici: poneva egli cioè sopra esso vetro un sottile pezzo d'avorio, e sopra questo collocava un peso a piacere, da un quarto d'oncia sino alle sei libbre; e con ciò il vetro veniva rotto dall'esplosione in innumerabili frammenti, e qualche parte di esso si riduceva in polvere impalpabile. Se il vetro è molto grosso, non viene esso, a vero dire, spezzato, ma mostra de' bellissimi colori d'iride, attese le sottilissime lamine e fessure che vi si producono. Il peso vien sempre smosso e talvolta portato totalmente fuori dell'avorio. Se sopra questo si trovano delle piccole figure di case e di altri edificii, si avrà secondo le idee di alcuni un'imitazione in piccolo del terremoto (1).

1471. A queste e a molte altre sperienze serve assai utilmente lo *Scaricatore universale di Henly*, rappresentato dalla fig. 195 e formato nel modo seguente (2). *A* è una tavoletta orizzontale di legno, lunga 14 pollici, larga 4 e grossa 1, dalla quale sorgono due colonnette verticali di vetro *B*, *B*; alle cui sommità sono adattati due fili metallici *C*, *D* atti a muoversi longitudinalmente, rotare orizzontalmente e rotare verticalmente. Ciascuno di questi fili è terminato ad una delle estremità in un anello, e all'altra in una punta, potendosi però a questa anche adattare a vite una palletta. Sopra la stessa tavoletta *A*,

(1) Cavallo, *Trattato completo* ec., p. 313 e seg.
(2) *Ibid.*, p. 297. — Singer, *Elementi* ec., p. 112.

frammezzo alle due colonnette di vetro, si alza un cilindro incavato F, entro a cui per mezzo di una vite G può fermarsi a maggiore o minore altezza un cilindretto portante superiormente un piattello E di legno del diametro di cinque pollici, alla cui superficie superiore è incastrata una lastretta d'avorio. H è un piccolo strettojo formato di due tavolette di legno parallele, le quali si possono più o meno ravvicinare mediante due viti a, a, e delle quali l'inferiore è unita ad un sostegno cilindrico, simile al sostegno del piattello E, per potere all'uopo sostituire a questo piattello cotale strettojo.

Nella sperienza precedentemente descritta la lastra di vetro si pone sul piattello E, e i due fili C, D servono a trasmettere la scintilla.

1472. Fatti due buchi alle due estremità di un pezzo di legno lungo mezzo pollice e grosso un quarto di pollice, s'introducano per essi i due fili C e D dello scaricatore di Henly, per modo che nell'interno del legno le loro estremità rimangano separate per poco meno d'un quarto di pollice. Fatta passare la scarica di una batteria, il legno verrà spaccato con violenza. Van Marum operando in una maniera somigliante a questa, giunse a rompere un cilindro di bosso alto e grosso 4 pollici, al cui spezzamento si sarebbe richiesta una forza di 9840 libb. olandesi (chil. 4840) (*). Nel modo medesimo e mediante una scarica abbastanza forte si possono infrangere lo zucchero, le pietre e molti altri corpi di natura non conduttrice.

In generale i maggiori guasti prodotti dall'elettrico avvengono in que' corpi che maggiormente resistono al suo passaggio, allorquando peraltro esso riesce a trapassarli.

(*) *Première continuation* ec., p. 14. — È per errore di stampa che quivi si legge libb. 10040. Per la riduzione in chilogrammi io mi sono servito del rapporto indicato nel Vol. I a p. 105.

1473. Avendo Priestley fatta passare la scarica di una batteria attraverso a un pezzo di carbone lungo circa mezzo pollice, venne questo ridotto tutto quanto in polvere. Il cartone su cui era posto venne lacerato e sì penetrato dal carbone che ne compariva l'impressione dalla banda opposta; il nero era assai allargato ed incancellabile (1).

Scaricata una giara attraverso una serie di carboni, s'innalzò un fumo nero fra l'un pezzo e l'altro; e trovandosi due pezzi alla distanza di un pollice e mezzo, la scintilla ebbe forza di saltare quell'intervallo (2).

1474. Quale sarà la causa di cotali spezzamenti? Al vedere che l'elettrico rompe quei corpi che gli fanno ostacolo, e lascia intatti quelli che gli concedono un libero passaggio, parrebbe ch'egli operi con un'azione puramente meccanica, sia spingendo le parti di essi corpi innanzi a sè come farebbe una velocissima corrente fluida, ovvero separando le parti stesse e rimovendole lateralmente per passarvi di mezzo a guisa di cuneo. L'essere però i frammenti lanciati in tutti i versi, anche contrariamente alla direzione che si attribuisce alla corrente elettrica, mostra piuttosto in questi effetti una specie d'esplosione delle parti centrali de' corpi. Per certo a cotali effetti contribuisce assai il riscaldamento delle parti trascorse dall'elettrico, il quale riscaldamento è da credere che sia assai forte se vale per tutti i corpi la legge vedutasi ne' metalli, cioè che l'innalzamento di temperatura è tanto maggiore quanto minore è la conducibilità, tanto più che attraverso ai coibenti dev'essere assai sottile la via tenuta dall'elettrico. Un tale riscaldamento poi può operare in più modi, cioè o col dilatare semplicemente le parti attraversate dall'elettrico le quali allontanandosi velocissimamente urtino e premano con gran forza le circostanti, o col volatilizzare le parti attraversate medesime, o anche in qualche caso coll'espan-

(1) *Histoire* ec. T. III, p. 354.
(2) *Ibid.*, p. 219.

dere l'aria interposta. Forse ai sudd etti effetti contribuisce altresì la ripulsione vicendevole delle parti similmente elettrizzate, la quale ripulsione o allontani direttamente esse parti l'una dall'altra, ovvero, alternandosi coll'attrazione prodotta da contrario stato elettrico, cagioni nelle molecole quel movimento intestino in cui forse consiste il calore de' corpi.

1475. Priestley rivestì una catenella metallica d'un grosso strato di resina, tuffandola in questa mentre era fusa; e dopo che esso strato fu ridotto solido, fe' passare da cotale catenella stesa su di una carta la scarica di una batteria. Con ciò tutta la superficie esterna della catenella venne spogliata e ridotta nettissima; e la resina che occupava i vani interni venne polverizzata e resa opaca, rimanendo però ancora unita insieme (1).

La detta catenella bagnata semplicemente d'acqua e stesa similmente su d'una carta, dopo percorsa dalla scarica della batteria, rimase perfettamente asciutta, essendosi l'acqua dispersa in tutte le direzioni (2).

Avendo Van Marum stesa su d'una tavola in direzione rettilinea una catenella di fil d'ottone, con sopra diversi pesi di rame, ed avendovi quindi fatta passare la scarica della sua batteria di 225 piedi quadrati, tutti i pesi vennero gettati via, e gli stessi più pesanti, aventi il peso di due once, giunsero alla distanza di quattro pollici. E si ebbe un somigliante scagliamento col far passare la scarica lungo un filo di ferro lungo come la catenella, cioè 32 pollici, e grosso 1/60 di pollice (3).

Cotali rimovimenti, finchè avvenivano in una catenella, può credersi che nascessero da uno scotimento di questa per una volatilizzazione di parti me-

(1) *Histoire* ec. T. III, p. 362.
(2) *Ibid.*, p. 359.
(3) *Première continuation* ec., p. 156.

talliche ne' punti di contatto fra i diversi anelli. Quando però avevano luogo nel filo metallico, forse nascevano dal passare una porzione di corrente da esso filo ai pesi e dal tornare più innanzi da questi pesi al filo, facendo volatilizzare un po' di metallo ne' punti del passaggio. Converrebbe rifare quest' ultima sperienza, aggravando il filo con de' pesi non metallici.

Effetti Chimici.

1476. *Ossidazione de' metalli.* Di questa abbiamo avuto esempii, quando si è parlato della combustione delle sottili liste metalliche e de' sottili fili metallici percorsi da forti scariche (pag. 622, 623 e 639). È però da avvertire che l'argento, l'oro e il platino vengono bensì da queste scariche divisi e dispersi in finissima polvere d'un colore assai diverso da quello del metallo, ma non sembrano venirne ossidati (1).

Cotali ossidazioni si possono considerare come effetti lontani dell'elettricità, cioè siccome conseguenze del calore prodotto dalle scariche. Nè si può dire che l'elettricità produca direttamente l'effetto chimico, e che questo sia poi causa dell'effetto calorifico; giacchè facendo passare le scariche pe' fili metallici in mezzo all'idrogeno o all'azoto, il metallo viene ancora fuso ed anche diviso, ma senza chimica alterazione (2). Ed è da credere che sia lo stesso anche delle accensioni di cui passiamo a parlare.

1477. *Accensione di diversi corpi.* Si versi una piccola porzione di etere entro un vasetto metallico, isolando poscia quest' ultimo ed elettrizzandolo. Coll'accostare in seguito un dito, un globo d'ottone non isolato, o anche un pezzo di ghiaccio alla

(1) Gehler's *Wört.* ec., art. *Schlag, elektrischer*, p. 542.
(2) Singer, *Elementi* ec., p. 148.

superficie del liquido, verrà questo infiammato dalla scintilla sorgente dal vaso. Il fenomeno accade anche collo spirito di vino, il quale però quando non sia molto rettificato ha bisogno d'essere prima scaldato alcun poco: riesce più facilmente la sperienza dando al liquido una scintilla tratta da una boccia di Leida. L'accensione dell'etere succede anche versandone un sottile strato sulla superficie di una massa isolata d'acqua fredda, facendo comunicar questa col conduttore di una macchina in moto, e avvicinando all'etere un dito.

Si empia d'acqua un piattello di porcellana, spargendo sulla superficie del liquido uno strato di resina in polvere; indi si adattino ai lati opposti del piattello due fili metallici colle estremità quasi a livello di esso liquido e alla distanza di quattro o cinque pollici l'una dall'altra: facendo tragittare fra essi fili la scarica di una boccia, la resina prenderà fuoco. Lo stesso avverrà sostituendo al piattello coll'acqua un pezzo di legno di superficie ineguale o anche un fiocco di cotone aspersi di quella polvere.

Anche il fosforo sporgente dall'acqua in un piccolo vaso di stagno si può facilmente accendere col dirigervi sopra una corrente di scintille elettriche (1).

1478. Abbiamo detto (p. 646) che per accendere la polvere da schioppo se ne chiude una certa quantità entro un involto di carta, ove s'inseriscono due fili metallici. Watson la sminuzzava e la meschiava con della canfora o con qualche goccia di un olio infiammabile; e a questa maniera scaricò uno schioppo col mezzo dell'elettricità (2).

1479. Avendo Cavallo attaccata con una vernice della limatura d'ottone all'interno d'un recipiente di

(1) Singer, *Elementi* ec., p. 137 e 138. — Priestley, *Histoire* ec., T. I, p. 141.
(2) Priestley, *ibid.*, p. 142.

vetro, all'oggetto di farne una boccia di Leida, e avendo quindi scaricata questa parecchie volte successivamente, la vernice prese fuoco; e avendo ripetuta la sperienza un'altra volta, venne eziandio fusa la limatura (1).

1480. Il fumo di una candela di fresco spenta viene acceso col farlo attraversare dalla scintilla.

Possiamo altresì citare le combustioni prodotte dal fulmine, delle quali però parleremo più innanzi.

1481. *Combinazione delle sostanze aeriformi.* Si introduca in un recipiente d'ottone o di grosso vetro una quantità di idrogeno puro per circa $^2/_7$ della capacità, lasciando gli altri $^5/_7$ occupati da aria comune; indi per mezzo di due fili metallici opportunamente disposti dentro al recipiente medesimo, e i quali arrivino colle loro estremità a piccola distanza l'uno dall'altro, si faccia passare attraverso al mescuglio una breve scintilla. Ne seguirà un'esplosione capace di lanciare a molta distanza un turacciolo di sughero adattato all'apertura del recipiente. Chiamasi questo strumento la *Pistola elettrica di Volta*: e l'esplosione nasce dalla combinazione de' $^2/_7$ d'idrogeno col $^1/_7$ d'ossigeno contenuto nell'aria lasciatavi, dalla quale combinazione si ha uno sviluppo di calore che dilata momentaneamente il mescuglio avanti che una parte di esso si restringa in acqua (2).

La facoltà che hanno le scintille elettriche di far combinare l'idrogeno coll'ossigeno contenuto nell'aria atmosferica e in altre sostanze aeriformi, ha dato altresì origine all'*Eudiometro* di Volta *ad aria infiammabile* (3).

(1) *Trattato completo*, p. 497.

(2) Volta, *Collezione delle opere*, t. III, p. 133 e seg. — L'accensione dell'aria infiammabile mediante la scintilla elettrica viene accennata anche da Priestley nella sua *Histoire* ec. T. III, p. 143.

(3) Volta, *ibid.*, p. 177 e 197.

La lampada di Volta ad aria infiammabile si appoggia essa pure allo stesso principio (1).

In questa accensione e nelle precedenti pare che l'elettricità ecciti un forte calore in quei pochi punti ove ella passa, e che quivi abbia incominciamento la combustione la quale poi si propaghi da sè stessa alle parti circostanti. La combinazione in vece di cui passiamo a parlare sembra che si effettui nel solo spazio occupato dalla scintilla senza estendersi alle parti rimanenti.

1482. Osservò Priestley che dopo aver fatto passare un gran numero di scintille elettriche attraverso a una data quantità di aria atmosferica chiusa in un vaso, il volume di questa trovavasi diminuito, e che introdotta nell' apparecchio una tintura turchina vegetale, questa si arrossava dando indizio della presenza di un acido. Cavendish ripetè lo sperimento con molta diligenza, e trovò che con questo mezzo si combinano in una certa proporzione gli elementi dell' aria atmosferica, ossigeno ed azoto, formando dell' *acido nitrico* (2). Chiudeva egli dell' aria nella parte angolare di un tubo incurvato (fig. 196) riempiuto prima di mercurio, e quindi rovesciato colla curvatura all' insù e colle estremità immerse in due vasi separati, facendo che l' aria occupasse una lunghezza di un pollice o di un pollice e mezzo; e coll' ajuto del mercurio faceva passare per essa aria una serie di scintille; e a misura che il volume di questa diminuiva ne introduceva della nuova, continuando la sperienza per più giorni. Si può semplificare l' apparecchio sostituendo un tubo diritto, attaccando con mastice un filo metallico alla sua parte superiore, mentre l' inferiore è immersa in un catino ripieno di mercurio (fig. 197).

(1) Volta, *ibid.*, p. 197. V. più indietro a p. 435.

(2) *Phil. Trans.*, 1785, pag. 372; 1788, p. 261. — Singer, *Elementi* ec., p. 158.

Ha di poi trovato Cavendish che la sperienza riesciva meglio se a tre parti d'aria comune egli aggiungeva cinque parti di ossigeno. In questo caso la mescolanza spariva quasi per intero; e introducendo nel tubo una piccola soluzione di potassa, l'operazione si accelerava, e la soluzione diveniva un nitrato di potassa o salnitro.

Ciò spiega perchè le piogge temporalesche contengano delle leggiere tracce di acido nitrico. Senza dubbio vien questo formato dalla folgore nel suo passaggio attraverso all'aria atmosferica (1).

Con somiglianti processi si possono ottenere molte altre combinazioni ed anche decomposizioni di sostanze aeriformi, delle quali si possono vedere i risultamenti negli *Elementi* di Singer più volte citati (p. 160 e seg.).

1483. *Repristinazioni degli ossidi metallici.* Si disponga orizzontalmente un tubo di vetro, e si metta entro al medesimo tanta quantità di ossido di stagno, quanta basti a ricoprire per mezzo pollice la parte inferiore della superficie interna del tubo. Fissato in seguito questo sul piattello dello scaricatore universale, s'introducano i due fili conduttori per modo che sieno ugualmente distanti dall'ossido, e vi si facciano passare successivamente molte scariche, avendo cura di raccogliere l'ossido ogni volta che si disperde: e se le scariche saranno abbastanza forti, una porzione del tubo apparirà coperta di stagno repristinato dalla trasmessa elettricità.

Una siffatta repristinazione si può ottenere anche in diversi altri ossidi metallici: assai facile è quella del sulfuro di mercurio, alla quale basta una boccia di mediocre grandezza (2).

(1) *Annales de Chimie et de Physique*. T. XXXV, p. 330.
(2) Singer, *Elementi* ec., p. 152. — Van Marum, *Description* ec., p. 184.

1484. *Decomposizione dell'acqua e di altri liquidi.* Fu quella dell'acqua ottenuta la prima volta coll'elettricità ordinaria delle macchine da alcuni fisici olandesi insieme col sig. Cuthberson, in un modo però alquanto lungo e nojoso (1).

Vi si riesce assai più comodamente, operando nella seguente maniera immaginata da Wollaston (2). Si pigliano due sottilissimi fili d'oro o di platino terminati da punte più acute che sia possibile; si inseriscono in tubi capillari, le cui estremità si rammolliscono colla lampada affine di rendere aderente il metallo col vetro. Poi colla mola si leva gradatamente di quest'ultimo finchè guardando colla lente comincino a vedersi scoperte le estreme punte. Ciò fatto, s'introducono cotali tubi in un vaso contenente acqua, colle punte metalliche contrapposte e assai vicine, ma non a contatto; e si mette in comunicazione uno de' fili col suolo e l'altro con una palla metallica posta in vicinanza d'un conduttore d'una macchina elettrica, e con questa si dirige su essa palla una serie di scintille. Si veggono formarsi sulle punte metalliche delle piccolissime bolle aeriformi, le quali si possono raccogliere collocando un recipiente rovesciato al di sopra delle estremità de' fili; e sono queste formate dai due gas componenti l'acqua, non più chimicamente combinati, però ancora meschiati insieme tanto alla punta positiva quanto alla negativa: la loro separazione compiuta si può ottenere mediante la *pila di Volta*, come vedremo in altro luogo.

Il vantaggio della descritta disposizione si è di restringere l'azione elettrica a un piccolissimo spazio, e di aumentarne con ciò l'intensità. E l'effetto si ottiene con scariche tanto più deboli, quanto più i fili sono sottili. Adoperando de' fili grossi $^{1}/_{700}$ di pollice, Wollaston l'otteneva a una distanza di $^{1}/_{8}$ di pollice fra la palla metallica e il conduttore della macchina; e con fili grossi $^{1}/_{1500}$ di pollice l'otteneva a una distanza di $^{1}/_{20}$ di pollice, alla quale le scintille si succedevano ad intervalli di tempo assai più brevi. In una prova fece egli passare per un tubo capillare

(1) *Journal de Phys.*, nov. 1789. — *Phil. Trans.*, 1797, p. 142.
(2) *Phil. Trans.*, 1801, p. 431.

della soluzione d'oro nell'acqua regia, indi col riscaldare il tubo espulse l'acido, il quale lasciò sulle interne pareti un sottilissimo velo d'oro: questo poi, col fondere il tubo, il ridusse a un finissimo filo in mezzo al vetro, dal qual filo facendo passare l'elettricità data da uno dei conduttori della macchina, aveva la decomposizione dell'acqua con la sola corrente continuata senza bisogno di scintilla.

Avendo lo stesso Wollaston rivestito di ceralacca per due o tre pollici di lunghezza un filo d'argento grosso $^1/_{120}$ di pollice, lo troncò nella parte rivestita, e tuffò le estremità risultatene in una soluzione di solfato di rame, e fe' passare pe' due fili e per la soluzione una serie di scariche date da scintille lunghe $^1/_{10}$ di pollice; e dopo cento giri della macchina il filo comunicante col conduttore negativo si trovò coperto di rame (1).

Gli olii, l'alcool e l'etere, che sono assai meno conduttori dell'acqua, si possono decomporre in una maniera assai più semplice. S'introduce un filo di platino sin verso il fondo d'un vaso metallico che contenga uno di questi liquidi, e si fa passare per l'intervallo una numerosa serie di scintille; con che si sviluppano degli idrogeni carburati (2).

Altre decomposizioni si possono ottenere con processi somiglianti ai descritti; ma noi non ce ne occuperemo, essendo esse di pura curiosità, e avendosene delle maniere assai più comode col mezzo della pila.

1485. Cotali decomposizioni pare che dipendano:

1.° Da un'azione calorifica delle correnti elettriche, già da noi riconosciuta;

2.° Da una tendenza de' corpi elettrizzati in più ad attirare l'ossigeno e gli acidi, e de' corpi elettrizzati in meno ad attirare l'idrogeno; gli alcali e gli ossidi metallici; della quale tendenza noi avremo prove numerose nelle sperienze dell'elettricità Voltiana;

3.° E forse altresì (3) da un'agitazione meccanica prodotta dall'attrazione e dalla ripulsione fra le molecole elettrizzate o similmente o contrariamente, dalla quale agitazione vengano facilitati gli effetti delle altre forze.

(1) *Phil. Trans.*, 1801, p. 429.
(2) Singer, *Elementi* ec., p. 154.
(3) *Ibid.*, p. 162.

Effetti luminosi.

1486 Le correnti elettriche nel passare sulla superficie, e talvolta anche soltanto in vicinanza di diversi corpi, rendono questi luminosi d' una luce che dura anche dopo cessata la corrente.

Pongasi sul piattello dello scaricatore di Henly un pezzo di creta secca, e si applichino su questa le estremità de' due fili conduttori, tenendo cotali estremità alla distanza di due pollici l'una dall' altra; e quindi si faccia passare una forte scarica fra essi conduttori. Dopo l'esplosione si vedrà lungo il cammino percorso dall' elettricità una striscia di luce, la quale presenterà tutti i colori prismatici, e continuerà per qualche secondo.

Allorchè si fa passare una scarica alla superficie di diversi altri corpi, si osservano degli effetti dello stesso genere, ma il colore e la durata della luce variano considerevolmente. Hannovi pure delle sostanze che attraversate dal fluido elettrico si dividono in particelle luminose, le quali conservano il loro splendore per un tempo notabile. La seguente tavola mostra le apparenze date da parecchie delle sostanze che possono rendersi fosforescenti con siffatto processo (*).

Sostanze capaci della fosforescenza elettrica.	Apparenze.
Conchiglie calcinate di ostriche	colori prismatici.
Conchiglie calcinate con zolfo	luce continuata e brillante.
Solfato nativo di barite	verde brillante.
Carbonato nativo di barite	simile ma meno brillante.
Acetato di potassa	verde brillante.
Acido succinico	simile ma di minore durata.
Zuccaro in pane	verde brillante.
Gesso o Selenite	simile ma passeggiera.
Cristallo di rocca	prima rossa e poi bianca.
Quarzo	bianca pallida.
Borace (Sotto-borato di soda)	verde debole.
Acido boracico	verde brillante.

(*) Singer, *Elementi* ec. p. 163, rimandando per più ampie informazioni al Giornale di Nicholson, Volume XV, pag. 281; XVI, p. 101; XIX, p. 153.

1487. Il fosforo di Canton, che è una polvere calcarea ottenuta dai gusci delle ostriche calcinate collo zolfo, partecipa con altre sostanze la proprietà che esposto alla luce solare o a qualche altra luce e quindi ritirato all'oscuro si mostra luminoso per una sensibile durata di tempo. Ora se si attacca un po' di questa polvere con etere o con alcool all'interna superficie di una tersa bottiglia, o con chiaro d'uovo sopra qualche altro corpo piano, e quindi, in un luogo affatto oscuro, in distanza di circa due pollici da essa si traggono due o tre forti scintille dal conduttore della macchina elettrica, in guisa che questa polvere possa riceverne la luce, ne rimane essa illuminata per un tempo notabile (1).

Altre sperienze su questo fosforo di Canton, e sul modo di ottenerlo si possono vedere nelle Transazioni Filosofiche, anno 1768, p. 337 e seg.

1488. La luce della scintilla elettrica, certamente attesa la sua vivezza, ha la proprietà di trasparire facilmente attraverso a diversi corpi. Si pongano due fili metallici sopra un pezzo di *acajù* alla distanza di mezzo pollice l'un dall'altro, e posto il dito sopra l'intervallo si faccia passare fra essi la scintilla; il dito lascerà trasparire la luce. Lo stesso avviene se al dito si sostituisce dell'acqua colorata, della pomice, ec. (2). Beccaria, il quale, a quel che pare, fu il primo a eseguire di siffatte sperienze (3), faceva passare lungo una grossa candela di cera due fili di ottone fino ad incontrarsi, e quindi faceva tragittare fra essi la scintilla; con che rendeva illuminato l'interno della cera d'una luce che andava degradando allo scostarsi dal punto d'unione de' due fili. Nello stesso modo

(1) Cavallo, *Trattato completo ec.*, p. 273.
(2) Singer, *Elementi ec.*, p. 165.
(3) *Lettere sull'Elettricismo*, § 301. — *Elettricismo artificiale*, p. 147.

egli rendeva luminosi la ceralacca, lo zolfo, la colofonia, ec. Otteneva l'effetto colla porcellana, applicando i fili sulla superficie di essa e fermandoveli con un grosso strato di cera; lo stesso faceva col vetro bianco opaco.

Sembra però che questa facoltà penetrativa non sia propria della sola luce elettrica, ma appartenga a qualsivoglia altra luce molto viva.

D'altri fenomeni luminosi delle correnti elettriche abbiamo già parlato diffusamente ne' Capi X ed XI.

Effetti magnetici.

1489. Un ago d'acciajo temperato venendo attraversato da una forte scintilla acquista la polarità magnetica. Ma la maniera della sua magnetizzazione non dipende dalla direzione della scarica, bensì dalla direzione che ha esso ago quando è invaso dalla corrente elettrica.

Beccaria, al quale si dee la cognizione di quest' ultima particolarità (*), prendeva un sottile ago fatto di molla d'acciajo e lungo due pollici, il disponeva da Nord a Sud, o più precisamente nella direzione che prendono naturalmente gli aghi magnetici e che suol dirsi il *meridiano magnetico*, e faceva passare al lungo di esso la scarica di una piccola batteria; e trovava che l'ago acquistava tendenza a dirigere verso il Nord quella estremità che nell'atto della scarica stava appunto rivolta al Nord, e a dirigere perciò verso il Sud la estremità che stava rivolta al Sud; e questo tanto nel caso che la scarica fosse entrata dall'estremità Nord, quanto nel caso della direzione contraria. Replicata la scarica coll'ago rivolto alla stessa maniera, non si aveva nessun cangiamento; ma rivolgendo esso ago in direzione contraria, e dandogli quindi una scarica da qualunque banda, i poli si rovesciavano, dirigendosi al Nord quello che in cotale scarica stava rivolto al Nord e che prima si dirigeva al Sud.

(*) *Elettricismo artificiale*, p. 305 e seg.

Disponendo l'ago da Levante a Ponente, in direzione perpendicolare al meridiano magnetico, e facendovi quindi passare la scarica, trovava con sorpresa che la estremità tenuta a Levante acquistava tendenza a dirigersi verso Levante, e l'altra tenuta a Ponente tendeva per conseguenza a dirigersi a Ponente. E ciò, qualunque fosse la direzione della corrente. Data una seconda scarica all'ago disposto ancora a questo modo, non vi avveniva nessun cangiamento; ma se l'ago si metteva a rovescio, acquistava tendenza a dirigersi contrariamente.

Collocando l'ago verticalmente, la scarica gli dava una tendenza a volgere l'estremità inferiore al Nord, e la superiore al Sud, qualunque fosse la direzione di essa scarica, e qualunque fosse il precedente stato magnetico dell'ago.

Tutti questi risultamenti vennero ottenuti anche da Van Marum, ad eccezione di quello dell'ago orizzontale collocato perpendicolarmente al meridiano magnetico, eccezione ch'io dubito dipendente dalla diversità delle dimensioni (*).

Pare che le scariche elettriche non facciano altro che scuotere le molecole ferree dell'ago, disponendole, se non sono magnetizzate, a ricevere in un istante e assai validamente quel magnetismo che loro tende a imprimere l'azione del globo terrestre, e che esse effettivamente ricevono anche per mezzo di urti meccanici, p. e. venendo percosse da colpi di martello; e se sono magnetizzate, disponendole a perdere il magnetismo precedente e a ricevere questo nuovo, pure a somiglianza de' colpi di martello. Le molecole pertanto dell'ago, comunque questo sia collocato, acquistano una polarità nel verso dell'*ago d'inclinazione*, con quelle modificazioni che sono volute da un'azione vicendevole dell'una molecola sull'altra. E da ciò nasce che se gli aghi fossero sospesi pel preciso centro di gravità tenderebbero a prendere, almeno prossimamente, quella disposizione che avevano mentre vennero percorsi dalla scintilla. Essendo sospesi da altro punto vicino al detto centro, succede ancora lo stesso per gli aghi stati magnetizzati mentre erano orizzontali, giacchè la gravità non disturba in essi la direzione voluta dal magnetismo.

(*) *Description d'une très-grande machine* ec., p. 168 e seg.

Da ciò si spiega come i ferri e le pietre ferruginee colpite dal fulmine e da esso magnetizzate, mostrino inferiormente la polarità Nord, e superiormente la polarità Sud.
D' altre azioni dell' elettricità sul magnetismo parleremo a lungo altrove.

Effetti sui vegetabili.

1489. Dalle sperienze di Nollet, di Gardini, e d'altri (1), parrebbe che l'elettricità influisca possentemente sulla vegetazione. Ma altri fisici non sono riusciti a verificare quei fatti; di maniera che una tale influenza non è ancora ben sicura (2); e gli usi dell'elettricità atmosferica nell'economia della natura sono forse assai diversi da quanto noi ci immaginiamo.

Effetti sugli animali.

1491. *Puntura e commozione date dai conduttori semplici e dalle bocce di Leida.* Tragittando una scintilla elettrica fra un conduttore semplice elettrizzato o in più o in meno, e un nostro dito o qualsivoglia altra parte del corpo nostro, sentesi in questa una sensazione particolare simile a quella di una piccola puntura; la quale sensazione, se il conduttore non ha che tre o quattro piedi di lunghezza, e la scintilla è lunga soltanto mezzo pollice o un pollice, si limita ad assai piccolo spazio e non è punto dolorosa. Però a uguale ampiezza del conduttore e ad ugual lunghezza della scintilla, è questa più pungente quando l'elettrico, secondo la dottrina di Franklin,

(1) Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 260 e seg. — Beccaria, *Elettr. artif.*, p. 277 e 283. — Gardini, *De influxu electricitatis atmosphaericae in vegetantia.* Augustae Taurinorum, 1784.
(2) Singer, *Elementi* ec., p. 250.

esce dalla mano che quando egli vi entra (1). E Priestley osserva che la puntura si fa più viva se fra il dito e il conduttore elettrizzato si interpone qualche pezzo metallico isolato (2). Forse un tal pezzo impedisce che le asprezze superficiali del dito comincino a ricevere a modo di punte una porzione della carica prima che salti il corpo principale della scintilla.

1492. Aumentandosi la carica, sia per maggior tensione dell'elettrico, sia per maggiore capacità del conduttore, la sensazione si fa più viva; e passato un certo punto, vi si associa altresì la scossa.

Per riconoscere l'influenza della tensione, si accosti un dito al conduttore positivo di una buona macchina elettrica in una stagione propizia, presentandolo successivamente alle distanze di una linea, di due linee, di tre, di quattro, ec., quindi a quelle di un pollice, di un pollice e mezzo, di due pollici, ec., e si muova intanto la macchina. Alle distanze minori si avranno frequentissime scintille, le quali malgrado il loro numero produrranno una sensazione assai leggiera; crescendo le distanze, le scintille si faranno gradatamente più rare, ma insieme più sensibili; poscia diverranno pungenti, e in fine anche dolorose. E quando la loro lunghezza oltrepasserà un pollice e mezzo o due pollici, comincerà nel dito un movimento convulsivo involontario accompagnato da una sensazione particolare, che sono gli effetti in cui consiste la *Scossa* (p. 263); e questi si faranno gradatamente più forti, e si propagheranno più e più innanzi in esso dito. Lo stesso poi avverrebbe anche col conduttore negativo.

Per vedere l'effetto dell'aumento della capacità, abbiasi una serie di dodici o quindici conduttori metallici lunghi ciascuno quattro piedi e grossi un pol-

(1) Volta, *Identità* ec., p. 106.
(2) *Histoire* ec. T. III, p. 429.

lice, e tutti isolati dal terreno. Si cominci a caricarne uno per mezzo della macchina, e se ne ricevano le scintille con una mano collocata a una distanza, p. e., di mezzo pollice, stringendo intanto coll'altra mano, per lasciare un più pronto passaggio all'elettricità, un altro conduttore metallico che scenda continuato sino a immergersi profondamente nell'acqua di un pozzo. Si rifaccia la sperienza con due di tali conduttori uniti pel lungo, quindi con tre, con quattro, ec., ricevendone le scintille alla stessa distanza della mano. E si sentirà crescere gradatamente la puntura, e in seguito aggiungersi a questa la commozione o scossa; la quale incomincerà a provarsi nella sola prima articolazione del dito, quindi si farà più forte e si estenderà a due articolazioni, a tre; dopo passerà al corpo della mano, e allora ne sentirà anche l'altra mano; e continuando potrà estendersi anche sino ai due gomiti e al petto, a perfetta somiglianza della scossa data da una boccia di Leida della stessa capacità e carica alla stessa tensione. Se in luogo di stringere coll'altra mano un filo metallico comunicante ottimamente col terreno, si porrà un piede sopra un filo somigliante, la scossa si farà sentire in questo piede e nella mano che s'accosta al conduttore elettrizzato, e a carica o capacità abbastanza grande si propagherà anche attraverso a tutto il corpo (*).

(*) Il primo a ottenere la scossa dai conduttori semplici sembra essere stato Gordon, citato nell'*Histoire* ec. di Priestley, T. I, p. 134. Di poi l'ottenne Wilson in alcune sue sperienze inserite nelle *Transazioni Filosofiche* pel 1778 a p. 245 e seg.: usava egli talora un conduttore cilindrico ad estremità rotondate, lungo circa 145 piedi e grosso 16 pollici, piegato a ferro di cavallo, con unito un altro conduttore grosso ugualmente ma lungo soltanto 10 piedi, e con aggiunto altresì un filo metallico grosso 1/21 di pollice e lungo 4800 piedi, serpeggiante nella medesima sala al di sopra de' cilindri (*op. cit.*, p. 251, 252 e 295); e talvolta sostituiva a cotali cilindri un altro filo metallico lungo 6900 piedi, grosso come il precedente e se-

Che si debba aver più viva puntura da un dato conduttore quando questo è caricato a più alta tensione, è un evidente effetto dell'essere più copiosa la corrente che passa dal dito ad ogni istante. E che col crescere della tensione medesima si debba propagare la scossa più innanzi nelle membra, è una conseguenza del rendersi sensibile l'effetto della corrente anche in parti dove ella corre allargata, mentre alle deboli tensioni ella non produce sensibile impressione se non nelle parti ove è ristretta.

Per ispiegare come avvengano de' simili accrescimenti di effetto anche per l'aumento della capacità, senza variazione di tensione, Volta riflette che l'impressione prodotta dal passaggio di una data quantità d'elettrico non è un effetto istantaneo il quale finisca col cessare della corrente, ma ha una qualche durata sensibile (*), come veggiamo avvenire anche nella visione quando moviam velocemente un corpo luminoso. Ond'è che prolungandosi il tempo della scarica, in grazia di quell'accrescimento di capacità, l'impressione prodotta dalle prime porzioni della corrente si associa in parte con quella cagionata dalle parti seguenti, e l'effetto ne viene rinforzato, e non solo reso più forte ne' luoghi ove esso già si manifestava, ma anche fatto sensibile ne' luoghi ove prima sfuggiva ai sensi.

Se il conduttore metallico con cui si riceve la scintilla è terminato in punta, o se il conduttore impugnato dall'altra mano non ha buone comunicazioni col terreno, la scossa riesce minore, e la scintilla può anche essere *suddivisa* con effetto assai più debole e anche nullo.

colui unito, e disposto in una spirale cilindrica grossa circa 15 pollici e lunga 300 piedi (*ibid.*, p. 299 e 300). In fine Volta scrisse appositamente su ciò un pregevole articolo, inserito nella *Collezione* delle sue opere. T. I, Part. I, p. 179 e seg.

(*) *Collezione delle opere*, T. II, Part. II, p. 214. — *Identità* ec., p. 67.

1493. Veniamo ora agli effetti delle bocce, aggiungendo alcune particolarità a quanto si è già detto più indietro su questo argomento (§ 1062 e 1108).

Quando noi scarichiamo una boccia avvicinando al suo bottone un dito, mentre si essa che i nostri piedi sono portati da corpi poco conduttori, noi non ne riceviamo scossa, ma bensì una puntura limitata a piccolo spazio, benchè spesse volte rabbiosa e pungente (p. 318).

Quando però la scarica si effettua mettendo una mano in buona comunicazione coll' armatura esterna e avvicinando l' altra mano al bottone, noi abbiamo la scossa anche se la boccia è piccola e la tensione tenue. Per sentir meglio la scossa dalle piccole cariche, giova tuffare l'estremità del mignolo di una mano in un bicchiere pien d' acqua (o salsa o anche pura), nella quale acqua si trovi altresì immersa una parte di una listerella metallica, e scaricare sull'altra parte di cotale listerella la boccetta impugnata esternamente coll'altra mano. Colla qual pratica la minima carica da cui io abbia avuto scossa percettibile con una boccetta equivalente a 10 pollici quadrati di vetro armato grosso mezza linea, si fu caricando questa boccetta a una distanza esplosiva di $^1/_{17}$ di linea; e ne venne leggermente commossa la prima falange del dito (*). Accrescendo poi la tensione o la capacità o tutte e due a un tempo, la scossa si fa più viva e si propaga gradatamente più innanzi, come si è veduto parlando dei conduttori semplici.

1494. L' aumento però della capacità non accresce cotanto la sensazione come un pari aumento della tensione. P. e. una batteria formata di otto bocce aventi

(*) Volta, con una pratica poco diversa, ottenne la minima scossa da una boccetta di un vetro ch' ei giudicò grosso 1/3 di linea, armata per l'estensione di 9 pollici quadrati, e caricata a 8 gradi del suo elettrometro a pagliette. *Identità* ec., p. 64.

ciascuna un'estensione armata di un piede quadrato, e carica a un solo grado dell'elettrometro a pagliette, non arriva a dare una scossa della stessa forza come una sola di cotali bocce carica a 8 gradi dello stesso elettrometro; ma ad avere uguale scossa con quella tensione di un grado ci vorrebbero 12 di esse bocce o anche più (*). E la ragione, secondo le idee di Volta, si è che una data quantità d'elettrico si scarica in un tempo maggiore quando è contenuta in una più grande capacità, e che allora le impressioni prodotte dalle ultime parti della corrente hanno luogo quando quelle delle prime parti sono già finite o almeno assai indebolite; e così si ha un assai minore accumulamento e rinforzamento che quando la carica medesima si trova in una capacità minore dalla quale esca in un più breve tempo.

Da questa spiegazione Volta deduce altresì che se noi aumentiamo successivamente una batteria, aggiungendo mano mano nuove bocce, cariche tutte a una medesima piccola tensione, la sensazione dee bensì crescere successivamente, ma con aumenti gradatamente minori; talchè ingrandendo la batteria anche immensamente, non può la sensazione oltrepassare un

(*) *Identità* ec., p. 66. Opina Volta che questa diversità non sia sensibile nelle capacità minori di uno o due piedi quadrati d'armatura, ma stima che una data quantità d'elettrico produca prossimamente la medesima impressione, sì trovandosi contenuta in una capacità d'un piede quadrato, come in una di mezzo piede, di un quarto, di un ottavo ec. (*ibid.*, p. 64). Però io dubito ch'egli non abbia ben misurata la grossezza del vetro; giacchè io trovo anche nelle piccole capacità che una data quantità d'elettrico produce una scossa tanto più viva, quanto minore è la capacità ove è contenuta. Avendo dato dieci scintille di un elettroforo a una boccetta equivalente a 10 pollici quadrati di vetro armato grosso mezza linea, e altre dieci a un'altra boccetta di una capacità quadrupla, ebbi da quest'ultima un effetto notabilmente più debole. Fece su ciò delle sperienze anche Cavendish, le quali possono vedersi nelle *Phil. Trans.* pel 1776, p. 202 e 203.

certo limite. Nè crede Volta che questo limite sia lontanissimo: gli pare anzi che una batteria dell' estensione armata di 600 piedi quadrati gli sarebbe già assai vicina (1).

1495. Paragonando le scosse delle bocce o batterie molto capaci, ma cariche a piccola tensione, con quelle delle piccole bocce cariche fortemente, avuta l'avvertenza di procurare che queste scosse siano ugualmente vive pe' nostri sensi, non mostrano esse, se sono deboli, veruna differenza sensibile nella qualità; ma se sono forti, si fanno sentire alquanto diversamente: quelle delle piccole bocce sono in certo modo *più acute*, cioè più vivaci, più parziali, più passeggiere; quelle invece che provengono da grandi capacità sono, per così dire, *più gravi*, vale a dire più mute, aggravanti un maggior numero di parti, e portanti in queste un certo intormentimento (2).

1496. La scossa di una boccia di Leida sufficientemente carica si sente particolarmente nelle giunture delle dita, nel collo delle braccia, ne' gomiti, e in generale nelle articolazioni. E ciò avviene, secondo il Beccaria (3), perchè ivi gli integumenti de' muscoli oppongono qualche resistenza al libero passaggio dell' elettricità, ed è legge generale delle correnti elettriche di produrre effetti maggiori dove incontrano maggiori resistenze. Potrebbe anche essere che in que' luoghi delle membra ove il passaggio è meno libero, l'elettrico trascorra per vie più ristrette e produca in esse degli effetti più grandi.

1497. Una forte scossa ricevuta inavvedutamente da Franklin attraverso alle braccia dalla scarica di due grandi vasi di cristallo, gli cagionò come un colpo universale in tutto il corpo da capo a piedi, cioè an-

(1) *Identità* ec., p. 43 e seg.
(2) *Ibid.*, p. 46.
(3) *Elettricismo artificiale*, § 630.

che nelle parti che non furono percorse direttamente dalla corrente; il che Beccaria attribuisce a un movimento del fluido naturale distribuito dapprima pel corpo, e respinto e condensato dalla corrente all' entrar di questa nel corpo medesimo (1).

1498. Non sono tutte le persone ugualmente sensibili alle scosse elettriche. Priestley cita un caso occorso a Wilson, di un vecchio di settant'anni il quale non ha potuto sentire la scossa se non fino ai polsi (2).

1499. Con quanta forza sieno mosse involontariamente le membra dalla scarica di una boccia, lo si può conoscere dalla seguente sperienza di Wilson. Legò egli una sua mano rivestita di cuojo a un filo di ferro grosso come un sottile ago da calzetta, e si collocò in modo da doverlo necessariamente tirare nel venire scosso dalla scarica; e con questa il filo si ruppe (3).

1500. Nelle sperienze eseguite da Cavendish per imitare gli effetti della torpedine, gli avvenne di osservare che quando l' acqua è attraversata dalla corrente di una assai capace batteria carica ad una debolissima tensione, si riceve entro quest' acqua una scossa di una specie particolare, la quale è della medesima forza tanto immergendo una sola mano, quanto immergendole tutte e due. Nasce questa scossa dal venire la mano attraversata da banda a banda da una grande copia d'elettrico, del quale però, attesa la poca tensione, non può passarne dall' una all' altra mano attraverso al corpo nostro una quantità che basti a far variare l' impressione (4).

Nel passare una scarica per una catena metallica o per un altro conduttore in contatto con una mano, si ha in questa un'altra sensazione di specie partico-

(1) *Elettricismo artificiale*, § 629. — Franklin, *Oeuvres*, T. I, p. 141. Paris, 1773.
(2) Priestley, *Histoire* ec. T. II, p. 408.
(3) *Ibid.* T. I, p. 175.
(4) *Phil. Trans.*, 1776, p. 212.

lare, la quale dipende sicuramente dall' entrare nella mano una porzione d' elettrico e dall' uscire quindi nuovamente per la stessa via (§ 1377); e altresì dallo smoversi alquanto il fluido naturale di essa mano (1).

1501. *Uccisione e lesioni degli animali.* Dirigendo su di un animale una scarica che oltrepassi un certo grado di forza, esso ne viene ucciso. Nollet che tentò pel primo siffatte sperienze, uccise una passera e de' pesci (2). Priestley uccise un topo colla scarica di sei piedi di superficie armata, senza che nell' interno vi apparisse veruno sconcerto nè veruno stravaso di sangue, effetto che Nollet asserisce d' aver osservato nella sua passera, ma del quale Priestley non si mostra ben persuaso. Questi inoltre colla scarica di 33 piedi quadrati di superficie armata uccise un grosso gatto, nè altro vi trovò che una macchia rossa sul pericranio, nel luogo colpito dalla scintilla (3). In generale quanto più l' animale è grosso, tanto più valida dev' essere la scarica. Può però anche una scarica poco forte, ma più volte ripetuta, giungere ad ammazzare un animale alquanto grosso. Beccaria con una sola scintilla di un suo quadro uccideva un sorcio, una passera ec.; non però un piccione, pel quale occorrevano tre scintille od anche più, succedentisi davvicino l' una all' altra prima che le forze vitali potessero riparare il danno fatto dalle prime: e opinava che colle sole scariche di quel quadro replicate molte volte e molto davvicino si sarebbe potuto uccidere anche un uomo (4). Avvengono però delle singolarità: una rana colpita dalla scarica di una batteria di Priestley, di 33 piedi quadrati di armatura, parve morta per qualche tempo, e poi si riebbe (5).

(1) Cavallo, *Trattato* ec., p. 330. — Priestley, *Histoire* ec. T. III, p. 380.
(2) Priestley, *ibid.* T. I, p. 181.
(3) *Ibid.* T. III, p. 316.
(4) *Elettricismo artificiale*, § 638.
(5) *Histoire* ec. T. III, p. 323.

1502. Secondo Beccaria, allorquando un animale è colpito a morte da una assai forte scintilla, nasce in esso un principio di subitanea e violenta contrazione, la quale non progredisce innanzi, quasichè le universali contrazioni che avvengono nei muscoli antagonisti, si impediscano validamente l'una l'altra; e tosto a quel principio di contrazione universale succede una più o men pronta distensione di tutte le parti. Quando però la corrente è molto copiosa, l'animale muore in quel principio di contrazione, nè ha luogo la seguente distensione. Così hannosi esempii di uomini fulminati che rimasero irrigiditi nella particolare posizione in cui si trovavano (1).

1503. Osserva altresì Beccaria che quando un animale viene colpito a morte da una bastante ma non ridondante scarica, pare che non muoja per rottura di fibre nè per istravasamento di umori. In diversi animali da lui uccisi colla scintilla, non ha mai potuto scorgere, ajutato nelle osservazioni da persona esperta, nè rottura entro al torace, nè veruna lesione discernibile che penetrasse sotto il cranio nella sostanza del cervello. E dice esservi esempii di persone uccise dal fulmine, senza che si trovassero segni nel loro corpo nè di piaghe, nè di lividure, nè di scottature (2). Egli aggiunge che diversi animali colpiti da una scintilla bastevole ad ucciderli, hanno potuto venir restituiti in forze con pochi convenienti sussidii. Dal che egli conchiude che la scintilla elettrica e il fulmine possono, come si è detto, uccidere anche senza sensibile rottura delle parti. Succede in vero spesse volte che il fulmine produca delle scottature e delle lacerazioni superficiali; ma queste non sono gran fatto micidiali; e in diversi casi di siffatte lacerazioni osservati

(1) Beccaria, *Elettricismo artif.*, § 639. — Priestley, *Histoire* ec. T. II, pag. 199.
(2) Beccaria, *ibid.*, § 640.

da Beccaria, le persone si riebbero. Una circostanza che ajuta a salvare dalla morte le persone così danneggiate, si è che il fulmine, dopo levata la cute, fa sviluppare del vapore acqueo il quale conduce la scintilla superficialmente, come si è veduto aver luogo sull'acqua e sulla carne cruda (1). Al certo era questa la ragione per cui Franklin non poteva uccidere colla scarica un topo bagnato (2). La causa principale di queste morti, è, secondo Beccaria, una subitanea violentissima stanchezza, prodotta da un'estrema contrazione di tutte le fibre; della quale stanchezza egli trovò delle prove nelle persone riavutesi dopo colpite dal fulmine medesimo (3). E opina questo celebre fisico, che molte delle persone fulminate si potrebbero utilmente soccorrere (4).

A questa estrema stanchezza, o, per meglio dire, alla contrazione delle fibre da cui è prodotta, attribuisce Beccaria l'essere più teneri a mangiarsi i polli uccisi dalla scintilla, e il presto putrefarsi delle persone fulminate: secondo lui la detta contrazione dee intenerire le fibre nel modo medesimo che l'agitazione e la caccia fanno colle fibre del bue e del cervo (5).

1504. Priestley scaricò una batteria di 62 piedi quadrati di vetro armato sul capo di un cane, della grossezza di un ordinario cane da fermo. Tutte le membra si distesero, e il cane cadde all'indietro, e per un minuto parve morto. Quindi si manifestarono in lui delle convulsioni, ma non violente, seguite da una respirazione convulsa accompagnata da un piccolo rantolo. In capo a quattro minuti era in istato di muoversi, ma non si pose a camminare che dopo

(1) *Elettricismo artificiale*, § 643 e 644.
(2) Franklin, *Oeuvres*, T. I, p. 48. — Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 321.
(3) *Elettricismo artificiale*, § 637 e 643.
(4) *Ibid.*, § 659. — Gehler's *Wört.*, art. *Blitz*, p. 1024.
(5) *Elettricismo artificiale*, § 645.

mezz'ora, durante il quale intervallo gli uscì molta saliva; gli cadde anche molto umore dagli occhi, i quali ei copriva colle zampe e non aperse mai in tutta quella sera; e l'indomani parve affatto cieco, senza però altro incomodo. Avendolo quindi ucciso, senza l'uso dell'elettricità, osservò su ambedue le pupille una tinta azzurrognola uniforme, simile a una membrana; e avendo esaminato uno degli occhi, trovò i tre umori affatto trasparenti, ma la cornea tutta bianca e opaca come un pezzo di cartilagine (1).

1505. *Convulsioni delle rane uccise di fresco.* Gli effetti convulsivi prodotti dalle correnti elettriche si manifestano anche negli animali morti, purchè nol siano da molto tempo. Ciò si osserva in un modo affatto singolare nella rana comune (*Rana esculenta* L.), quando sia scorticata, affinchè l'elettricità penetri facilmente sotto la cute; e meglio assai quando altresì il tronco non istia congiunto alle cosce se non che pei nervi crurali; nel quale ultimo caso essa rana si scuote col solo far passare da questi nervi una scarica non scintillante di un conduttor semplice, o la scarica di una piccola boccia di Leida, dell'estensione di 10 a 12 pollici quadrati di superficie armata, e carica a un solo terzo di grado dell'elettrometro a pagliette, e in alcuni casi anche a meno (2). La quale convulsione consiste nell'istantaneo contraersi e quindi distendersi de' muscoli regolati dai suddetti nervi, come quando la rana salta; e di fatto in queste convulsioni ella fa molte volte de' forti salti. E cotali scotimenti hanno luogo anche quando si fa semplicemente scoccare una scintilla fra due conduttori collocati a poca distanza dalla rana medesima, trovandosi il corpo di essa fra due altri conduttori, ne' quali si smuova il fluido naturale passando dall'un condut-

(1) *Histoire* ec. T. III, p. 319.
(2) Volta, *Collezione* ec. T. II, Part. I, p. 59 e 78.

tore all'altro attraverso al detto corpo della rana (pagina 189) (1). E furono appunto di tal sorta i primi fenomeni osservati da Galvani, dai quali ebbe occasione la scoperta dell'elettricità Voltiana (2).

Ma di queste convulsioni e di altri effetti fisiologici delle correnti elettriche torneremo a parlare, quando ci occuperemo di cotale elettricità Voltiana.

1566. *Altri effetti prodotti sugli animali dall'elettricità delle macchine.* Noi citeremo fra questi:

1.° Una concussione che provano le mani immerse in una massa d'acqua sopra la quale si faccia passare una scintilla (p. 593) (3). Nasce questa senza dubbio da una pressione meccanica che l'acqua riceve a cagione di essa scintilla e che trasmette quindi alle mani.

2.° Il senso di freddo prodotto dal venticello elettrico (p. 610).

3.° La vellicazione cagionata nel volto e nel rovescio delle mani dal rizzarsi de' peli (p. 477). I quali effetti vengono tutti e tre prodotti dall'elettricità indirettamente.

4.° Un odore particolare che si sente nell'aria ove siansi fatte molte sperienze elettriche. Questo viene da alcuni assomigliato a quello del fosforo o a quello dell'aglio. Priestley lo assomiglia anche a quello dello zolfo, e osserva ch'esso si manifesta specialmente in vicinanza delle punte elettrizzate (4). E Pfaff assicura ch'esso è sensibile specialmente pel diffondersi dell'elettricità positiva (5). Nascerebbe esso da combustione di minime particelle combustibili galleggianti nell'aria? O piuttosto da volatilizzazione di parti metalliche o d'altra natura all'atto che si spiccano le

(1) Volta, *Collezione* ec. T. II, Part. I, p. 60.

(2) Aloysii Galvani, *De Viribus electricitatis in motu musculari Commentarius*, p. 2.

(3) Priestley, *Histoire* ec. T. III, p. 378.

(4) *Ibid.*, p. 143.

(5) Gehler's *Physik. Wört. neu bearb.*, art. *Elektricität*, p. 236.

scintille? O anche da qualche combinazione dell'azoto e dell'ossigeno dell'aria?

5.° Si faccia passare per l'apice della lingua una copiosa corrente elettrica somministrata da una poderosa macchina, toccando con esso apice uno de' conduttori di siffatta macchina, o anche avvicinando esso apice a una punta mantenuta elettrizzata o in più o in meno, a tale distanza che non salti la scintilla: si sentirà un leggiero sapore acido se l'elettrico entra, e un sapore alcalino se esso esce (1). Secondo alcuni (veramente essi intendevano parlare del sapore prodotto dall'elettricità Voltiana, ma è da credere che la ragione sia la stessa in ambedue i casi) la corrente decompone un qualche sale sciolto nella saliva, facendo nel primo caso raccogliere un po' dell'acido all'estremità del conduttore metallico collocato sulla lingua, e nel secondo caso facendovi raccogliere un po' dell'alcali. Però Volta ed altri non sono paghi di questa spiegazione (2).

Da molti si ammette che l'elettricità promuova la traspirazione cutanea. In qualche minima parte ella potrà influirvi, nel modo ch'ella è atta ad aumentare l'evaporazione in qualsivoglia corpo umido. Ma che ella faccia di più, mi pare assai incerto, specialmente quando ella venga comunicata ad animali isolati (3), dovendo, per le già esposte leggi, disporsi unicamente alla superficie del loro corpo.

1507. *Degli usi medici dell'elettricità.* Si è assai studiato su questo argomento, e da molti si stima di avere ottenuti degli utili effetti; ma a molti altri la cosa non pare sicura, potendo in ciò aver luogo moltissime illusioni (4). Io mi limiterò a indicare nella no-

(1) Volta, *Identità* ec., p. 117 e 126.

(2) *Ibid.*, p. 116. — Gehler's *Wört.*, ec., art. *Galvanismus*, p. 736.

(3) Cavallo, *Trattato completo* ec., p. 60.

(4) È famosa a questo riguardo la storia de' così detti *tubi*

ta, per comodo de' lettori, alcuni degli autori che parlano di ciò (*); e riporterò più tardi gli effetti ottenutisi dall' elettricità Voltiana.

CAPO XIII.

APPLICAZIONI DELLE ESPOSTE DOTTRINE AI FENOMENI DELL' ELETTRICITA' ATMOSFERICA

Degli apparecchi per esplorare l' elettricità atmosferica.

1508. L'atmosfera terrestre si mostra in tutti i tempi più o meno elettrizzata. Ne' giorni sereni questa elettricità è in generale assai debole, e sempre positiva, con certe variazioni periodiche alle diverse ore; ne' tempi nuvolosi ella è assai variabile sì riguardo alla forza che riguardo alla specie; e in occasione di temporale è variabilissima, e sorge talvolta a fortissima intensione. Prima però di esporne partitamente le vicende, descriverò diversi degli apparecchi stati inventati per esplorarla.

Si possono distinguere tre classi di tali apparecchi, cioè i *temporarii*, i *permanenti*, i *portatili*. Comincerò dai primi.

medicinali. V. Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 272. — Nollet, *Memorie dell'Accademia di Parigi*, 1749, p. 445. — Bianchini Gio. Fortunato, *Saggio d'esperienze intorno la medicina elettrica*, Venezia, 1749.

(*) Musschenbroek, *Introductio ad Phil. Nat.*, § 945. — Priestley, *Histoire* ec. T. II, 395. — Cavallo, *Trattato completo* ec., p. 116. Scrisse egli anche un' opera apposita intorno agli usi medici dell' elettricità. — Singer, *Elementi* ec., p. 239. Beccaria, *Elettricismo artificiale*, p. 278. — Gehler's *Physik. Wörterb.* ec., art. *Elektricität*, p. 390, ove si citano in proposito diversi altri autori, quali sono Kühn, Böckmann, Barneval, Deiman, ec.

1509. *Cervi volanti.* Si piglia un pezzo rettangolare di carta, largo circa due piedi e lungo quattro, unto d'olio ben bollito, affinchè l'acqua nol bagni, tenuto allargato da stecche di legno, e con aggiunta, se si vuole, una coda triangolare; e al punto di mezzo della parte anteriore o rettangolare si attacca una cordicella fatta di due sottili fili di spago avvolti di quel finto filo d'oro che serve pe' galloni e che consiste in un filo di seta rivestito spiralmente di una stretta lista di rame (*).

Per adoperarlo si aspetta che soffii il vento, e allora, con quell'arte che s'impara coll'uso, lo si guida sino all'altezza di trecento, di quattrocento e più piedi. Nel quale innalzamento se il tempo è sereno, non occorre veruna cautela, ma se è nuvoloso, Cavallo consiglia all'operatore di salire su d'uno sgabello isolante, e di mantenere la cordicella regolatrice in ottima comunicazione col terreno. Se poi v'è temporale, ei consiglia di tralasciare un tale apparecchio, come assai pericoloso, tanto più che allora possono supplire altri mezzi, la attesa molta forza dell'elettricità; al più permette di servirsene quando si trovi già innalzato, standone però ad una conveniente distanza.

Innalzato che esso sia, Cavallo introduce l'inferiore estremità della cordicella da una finestra, la lega a un cordoncino di seta, ferma questo a una robusta seggiola, e mette la detta cordicella in comunicazione con un conduttore metallico isolato cui sia contiguo un elettrometro a quadrante (fig. 198). E in caso di elettricità molto forte, egli colloca altresì, a sei pollici (e sarebbe forse meglio a meno) di distanza dalla cordicella, una catena comunicante col suolo e pronta

(*) Cavallo, *Trattato completo* ec., p. 421, 425. — Beccaria, *Lettere sull'Elettricismo*, Lettera VIII, § 4. — Gehler's *Wört. neu bearb.*, art. *Drache, elektrische*, p. 583, 585.

a ricevere la scintilla, liberando l'operatore da ogni pericolo. Romas legava similmente la cordicella regolatrice a un cordoncino di seta riparato dalla pioggia, ma attaccava questo a un pesante pendolo, il quale all'uopo cedeva alcun poco agli sforzi del vento. Così aggiustato lo strumento, se il vento si mantiene abbastanza forte, può stare in azione più ore, e dar campo a tutte quelle osservazioni che si vogliono.

1510. Ecco ora in qual modo opera un tale strumento. Innalzato che esso sia, e sovrastandogli una massa d'aria o una nube elettrizzata in più o in meno, la estremità superiore della cordicella regolatrice si elettrizza per induzione contrariamente ad essa aria o nube, e l'estremità inferiore omologamente, e così anche l'elettrometro annesso, il quale perciò mostra l'esistenza e la qualità dell'elettricità dell'atmosfera. E sebbene questa inferiore estremità, specialmente se il tempo è umido, perda assai di cotale elettricità, torna però a riprenderla nuovamente dall'aria coll'estremità superiore; p. e. se l'aria o la nube è elettrizzata in più, e l'estremità inferiore della cordicella va perdendo dell'elettrico fattovisi eccedente, l'estremità superiore rendendosi assai deficiente, toglie elettrico alle molecole d'aria circonvicine, facendone parte immediatamente a tutta la lunghezza di essa cordicella, e risarcendo continuamente la perdita che si va facendo all'estremità inferiore. In simil modo se la sovrabbondanza inferiore vien distrutta da una scintilla o da una istantanea comunicazione col terreno, vien essa in breve restituita dall'assorbimento all'estremità superiore. E tutto ciò può agevolmente estendersi al caso dell'atmosfera elettrizzata in meno.

Secondo osservazioni fatte da Cavallo, la forma e la materia del *corpo* del cervo volante, cioè della lamina rettangolare di carta coll'annessa coda, nulla influiscono sul più o men pronto assorbimento dell'elettricità all'estremità superiore, venendo esso ope-

rato unicamente dalla cordicella, la quale perciò è la parte più importante dell'apparecchio, avendo altresì l'ufficio di condurre l'elettricità fino a terra. Per conseguenza nel detto corpo del cervo volante non deesi cercare che la maggiore facilità d'innalzarlo e la migliore conservazione, e nella cordicella conducibilità e leggerezza. Perocchè a pari stato elettrico dell'atmosfera, l'effetto è tanto maggiore quanto più grande è l'elevazione (1).

Insorse già il dubbio se gli effetti dipendessero dallo sfregare dell'aria contro lo strumento. Ma si riconobbe non esser così: 1.° perchè l'elettricità prodotta ne' corpi dallo sfregamento dell'aria è estremamente debole; 2.° perchè i segni elettrici dati da questo apparecchio non sono proporzionali alla forza del vento, ma soltanto all'elevazione; 3.° perchè questi segni non sono di specie costante, ma ora positivi ed ora negativi (2).

1511. Quando l'elettricità presentata da un tale apparecchio è assai debole, può riconoscersene la specie dal vedere se qualche pelo o leggiero filo conduttore annesso alla cordicella, venga attratto o respinto dalla ceralacca strofinata o da altro corpo elettrizzato. Di notte può ottimamente servire una boccia di Leida caricata colla cordicella e quindi esplorata coi noti mezzi. Cavallo trovava ottima quella descrittasi a p. 283, e che si mantien carica per molto tempo.

Quando l'elettricità è forte, può usarsi una verghetta metallica portata da un manico isolante, ponendola in comunicazione colla cordicella, e quindi avvicinandola a un elettroscopio elettrizzato (pag. 184). Può eziandio in questo caso adoperarsi la *Lucerna elettrica* di Beccaria (3). Consiste questa in un fiasco ci-

(1) Beccaria, *Lettere sull'Elettricismo*, Lettera VIII, § 31. — Cavallo, *Trattato* ec., p. 463.

(2) Beccaria, *ibid.*, § 21, 31, 57.

(3) *Ibid.*, § 14.

lindrico di vetro, alto 8 pollici e largo 5, con un collo pur cilindrico largo un pollice ed alto sette. Il collo è chiuso da due turaccioli di sughero, posti l'uno alla bocca e l'altro all'incominciamento del ventre; e attraverso a questi passa un filo metallico che superiormente finisce ripiegato ad uncino, e inferiormente arriva sino alla distanza di due pollici dal fondo, che è di lamina di piombo cui è congiunto esternamente un altro filo metallico pure terminato ad uncino. L'interno del fiasco è oscurato da un rivestimento di cartone, il quale non lascia scoperto che uno spazio rettangolare ove si adatta una canna pur di cartone lunga otto pollici, per guardarvi dentro senza lasciar adito alla luce esteriore. Volendo usare questa lucerna, si mette l'uncino superiore in comunicazione colla cordicella del cervo volante, e l'inferiore col terreno; e per mezzo della canna si guarda se all'estremità interna del filo superiore si abbia il fiocco o la stelletta.

1512. Il cervo volante, attesa la grande elevazione cui può innalzarsi, può manifestare l'elettricità atmosferica assai meglio che i bassi apparecchi che descriveremo più innanzi. Usando infatti di questi ultimi, lo stato elettrico delle parti più elevate dell'atmosfera può talvolta, secondo le mie idee, venire ad essi occultato da uno stato contrario delle parti più basse. E prescindendo anche da ciò, e considerando soltanto l'elettricità delle parti superiori, l'azione attuante di queste produce un effetto tanto maggiore all'inferiore estremità di un filo conduttore isolato, quanto più elevata è l'altra estremità di esso. Infatti se ad un filo conduttore isolato *A* verticale o inclinato, noi avviciniamo un altro simile filo *B* disposto nel prolungamento superiore di *A*, verrà con ciò a rinforzarsi l'elettricità attuata all'inferiore estremità di un tale filo *A*, e diverrà essa ancora più forte se si metterà il filo *B* in contatto coll'*A* (Veggasi quanto si è detto relativamente alle fig. 42, 43 e 47). E questo

ragionamento mostra altresì come a pari inclinazione della cordicella, i segni elettrici dati da un cervo volante debbano crescere all'aumentarsi della lunghezza di essa. Osserva però Cavallo che cotali segni non crescono nella precisa ragione di una siffatta lunghezza, ma in una ragione minore (1). Egli è poi evidente che a pari lunghezza, i segni debbono essere tanto minori quanto più la cordicella è obbliqua.

1513. Un tale apparecchio è altresì opportuno per far conoscere la facoltà conduttrice dell'aria, essendo questa facoltà tanto più grande quanto più presto esso apparecchio si rimette alla primitiva tensione dopo messo in momentanea comunicazione col terreno. E infatti Cavallo trovò che questo rimettersi è prontissimo nei tempi umidi, e lentissimo ne' secchi (2).

1514. Il primo ad adoperare i cervi volanti per le sperienze elettriche fu Franklin in America nel giugno del 1752. Molti anni prima era stata notata da Wall una certa rassomiglianza fra la scintilla elettrica e la folgore (3). Di poi Nollet trovò molte plausibili ragioni in favore di una vera identità fra queste due apparenze, e dell'esistenza di una viva elettricità nell'atmosfera durante i temporali (4). Franklin adottò queste idee, e le avvalorò con diversi altri argomenti, e propose ai fisici di verificarle coll'innalzamento di aste metalliche acuminate; e dopo qualche tempo si disponeva a fare egli medesimo questa prova, aspettando che si fabbricasse a Filadelfia un campanile, per innalzarvi alla sommità un'acuta asta metallica. Ma impaziente di verificare in un modo o in un altro i suoi pensamenti, e ignorando che Dalibard aveva già da un mese posto in esecuzione con felice esito quanto egli aveva proposto, al presentarsi di un tem-

(1) *Trattato completo di Elettricità*, p. 463.
(2) *Ibid.*, p. 464.
(3) Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 21.
(4) *Ibid.*, p. 313.

porale si recò con suo figlio in un luogo solitario di campagna, e fatta una specie di cervo volante con un fazzoletto di seta teso da due bastoncelli di legno disposti in croce, il fe' sollevare mediante una lunga cordicella di canape. E dopo avere aspettato invano qualche tempo, vide finalmente muoversi alcuni sottili fili annessi alla corda, e poi comparire scintille e segni vivaci, specialmente dopo che l'umidità ebbe resa conduttrice la corda (1).

Quasi contemporaneamente a Franklin e senza saputa delle sue sperienze, ne fece delle simili in Francia De-Romas, il quale annunciò all'Accademia delle Scienze di Bordeaux di avere ottenuto de' segni elettrici fino dal 9 luglio dello stesso anno 1752 sì da un'asta elevata nell'aria, come altresì da un cervo volante. Proseguendo quindi le sperienze con quest'ultimo, ne ottenne effetti sì grandiosi che pari non se n'ebbero da altri nè prima nè dopo. Il 7 giugno 1753, avendolo recato all'altezza di circa 550 piedi, fra gli altri fenomeni vide intorno alla corda del cervo volante un cilindro di luce del diametro di tre in quattro pollici, benchè fosse di chiaro giorno, cosa prodotta senza dubbio dal diffondersi dell'elettricità nell'aria circostante (p. 608); e nel suolo, ove dall'inferiore estremità della cordicella caddero vivaci scintille, trovò un buco largo mezzo pollice e profondo un pollice. In un'altra prova fatta il 16 agosto 1757, balzarono dalla cordicella a un vicino conduttore delle scintille lunghe 10 piedi e grosse un pollice con un fracasso simile a quello di una pistola. Di queste egli ne ottenne una trentina in meno di un'ora, oltre a più centinaja d'altre minori, alcune lunghe sette piedi ed altre meno, le quali andavano sempre a colpire il conduttore che si trovava più vicino (2).

(1) Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 314 e seg.
(2) Gehler's *Phys. Wört. neu bearb.*, art. *Drache, elektrischer*, p. 585 e seg. — Priestley, *Histoire* ec. T. II, p. 205 e seg.

1515. Con questo strumento fecero altresì molte sperienze Beccaria nel 1758 (1), Cavallo negli anni 1775, 1776 e 1777 (2), e diversi altri fisici. Lasciando ad altro luogo le consegnenze generali da essi ottenute, accennerò qui alcuni risultamenti riguardanti l'efficacia di un tale apparecchio.

Hannosi da esso forti segni in ogni tempo. Gli elettrometri annessi mostrano una grande divergenza anche a ciel sereno; e se l'elevazione è sufficiente, danno eziandio delle scintille, le quali, attesa la molta lunghezza e capacità della cordicella, scuotono a somiglianza di quelle delle bocce di Leida (3).

Non tutti i tempi sono adattati per usarlo. Ne' tempi affatto tranquilli non può essere innalzato; e ne' temporali è pericoloso. I tempi più vantaggiosi sono quando spira un vento moderato, essendo il cielo sereno o anche nuvoloso o piovoso, ma non temporalesco.

1516. *Palloni aerostatici.* Si costruiscono di *baudruche*, cioè di quella pellicola d'intestini di bue di cui si servono i battitori d'oro; s'empiono di aria in-

(1) Beccaria, *Lettere sull'Elettricismo*, Part. II, Lettera VIII e seg. — Fra le altre osservazioni che ivi si leggono io trovo (§ 63) che un giorno venne da lui e da un suo amico osservata « una specie di nuvola bianca, rara ed un poco lu- « cente, che attorniava i limiti del cervo volante e parte della « corda, e formava una specie di gloria quale si suole rap- « presentare intorno al corpo di diversi santi. Tale apparenza « non era costante, ma talora svaniva affatto, talora rinasceva « e si ampliava, e talora, cioè mentre il cervo volante assai « velocemente cangiava di luogo, pareva che per un breve « momento ondeggiasse nel luogo abbandonato dal cervo vo- « lante. » Io stimo questa un'illusione ottica prodotta dal fissare intensamente l'occhio sul corpo alquanto oscuro del cervo volante situato in mezzo ad un campo più illuminato, al quale occhio, nel venir trasportato dall'oggetto oscuro al campo illuminato, sembrava di veder ivi una maggior luce che altrove, atteso il precedente riposo delle fibre.

(2) *Trattato completo* ec., p. 435 e seg.

(3) Gehler's *Phys. Wört.*, art. *Drache, elektrischer*, p. 586.

fiammabile, e si ritengono con un filo conduttore. Possono innalzarsi anche ne' tempi tranquillissimi, e mandarsi più alto che i cervi volanti, e l'uso ne è più comodo e richiede minore abilità nell' osservatore. Il loro modo però di operare è il medesimo; e in tempi di forte elettricità abbisognano delle stesse cautele. Ne usarono Lichtenberg, Bertholon ed altri (1).

Si è anche cavato profitto dalle salite aerostatiche. Biot e Gay-Lussac, nella salita da essi fatta nel 1804, fra le altre cose calarono dalla loro barchetta un filo metallico lungo 50 metri, aggravato inferiormente di una palla metallica, e con annesso superiormente un elettroscopio (2); e ottennero in questo de' segni di elettricità negativa, indicante che sopra di essi v'era dell' aria elettrizzata in più, come doveva aspettarsi essendo un tempo affatto sereno (§ 1508).

1517. *Razzi.* Ne' tempi tranquilli il Beccaria mandava talvolta all' alto di quei razzi che s' usano ne' fuochi d' artificio (3). Gli scagliava dalla sommità di una torre, e faceva loro tirare all'alto un filo umido, cui teneva raccolto, in tanti giri circolari facili a svolgersi, dentro un vaso isolato di cristallo; alla estremità di un tale filo era annesso un pelo similmente conduttore che pendeva fuori del vaso, e che co' suoi movimenti indicava l' esistenza e la specie dell' elettricità. La migliore qualità di filo sarebbe quella proposta poco sopra pel cervo volante (4); ma pel molto peso esigerebbe razzi più forti. Non convengono però essi razzi se non in mancanza d' altri mezzi migliori.

I precedenti apparecchi che io ho proposto di appellare *temporarii*, non possono adoperarsi che in limitate circostanze e per brevi durate di tempo, da qualche fisico impegnato in particolari ricerche. Per

(1) Gehler's *Phys. Wört*, art. *Drache, elektrischer*, p. 591.
(2) Biot, *Traité de Physique*, T. II, p. 455.
(3) *Lettere sull'Elettricismo*, Part. II, p. 115, § 33.
(4) *Ibid.*, § 66.

le osservazioni ordinarie sono preferibili gli apparecchi *permanenti*, cioè quelli collocati in situazioni stabili, e che stanno sempre pronti a indicare lo stato elettrico dell'atmosfera. A questa classe appartengono i *Conduttori Frankliniani*, e i *Fili metallici tesi*.

1518. *Conduttori Frankliniani* o *Spranghe Frankliniane*. Sono aste metalliche acuminate erette nelle più alte parti degli edificii, sopra sostegni isolanti, e dalle quali partono de' fili conduttori tenuti anch'essi isolati, e destinati a condurre l'elettricità al luogo ove si vuole esaminarla.

L'asta serve tanto meglio quanto più è elevata ed acuta. Ma quello che più importa si è ch'ella sia ben isolata. Al quale oggetto giova collocare una tale asta sopra un ombrello metallico portato da un bastone di vetro rivestito di ceralacca, il quale bastone viene così ad esser difeso dalla pioggia e a trovarsi, almeno ne' tempi asciutti, sufficientemente isolante. Meglio ancora è il cingere altresì il detto bastone con un tubo di vetro, secondo il metodo di Singer (p. 491). A questo ombrello poi si attacca il filo conduttore che guida l'elettricità al luogo dell'osservazione.

Questo filo conduttore mostra inferiormente per induzione un'elettricità omologa a quella dell'atmosfera. E se essa si disperde per imperfetto isolamento, la estremità superiore, che si elettrizza contrariamente all'atmosfera, assorbe elettrico dall'aria contigua o gliene cede, secondo che essa estremità è elettrizzata in meno o in più, e partecipando la ricevuta elettricità all'estremità inferiore, ne risarcisce in parte la perdita; e ciò tanto meglio quanto più l'asta è alta ed acuminata. E la specie e l'intensione di una tale elettricità vengono indicate da opportuni elettrometri annessi al detto filo.

Quando l'elettricità è forte, può riconoscersene la specie colla già menzionata *Lucerna di Beccaria*, o anche coll'apparecchio da me descritto al § 1357, e rappresentato colla fig. 163.

All'inferiore estremità del filo conduttore suole spesse volte adattarsi un giuoco di campanelli simile a quello indicato dalla fig. 143: questo al sopravvenire di nubi molto elettrizzate, ne dà avviso con un suono più o meno frequente, secondo la forza dell'elettricità.

1519. Un'avvertenza indispensabile in queste spranghe frankliniane si è di tener sempre vicino alla detta inferiore estremità del filo conduttore il così detto *filo di salute*, che è un filo metallico continuato sino al terreno e quivi approfondato sino all'umidità perenne. Nell'apparecchio de' campanelli serve esso filo in luogo della catenella G a ricevere l'elettricità de' campanelli medesimi; e giova ad accogliere e a dissipare l'elettricità della folgore nel caso che questa venisse a cadere nel fabbricato, dove, come diremo parlando de' parafulmini, colpirebbe la spranga a preferenza d'ogni altro corpo: mancando il filo di salute, essa spranga sarebbe pericolosa, potendo attirare il fulmine, senza guidarlo quindi al terreno, ma lasciandolo saltare ai corpi vicini all'inferiore estremità del più volte nominato filo conduttore, fra i quali corpi potrebbero facilmente gli osservatori venire preferiti. Se n'ha un esempio nella morte del prof. Richman, avvenuta a Pietroburgo il 6 agosto 1753: avendo egli eretta nella sua abitazione una spranga frankliniana, senza il filo di salute, stava durante un temporale facendo delle osservazioni dinanzi all'inferiore estremità del filo conduttore, quando una folgore caduta nella spranga lo stese morto a terra (1).

Queste spranghe sono utili quando l'atmosfera è elettrizzata fortemente; essendolo essa debolmente, non sono gran fatto vantaggiose (2). Infatti per la loro poca elevazione non possono allora assorbire dall'atmosfera molta elettricità; e attesa la difficoltà

(1) Priestley, *Histoire* ec. T. II, p. 214.
(2) Beccaria, *Dell'Elettricità terr. atmosf. a ciel sereno*, § 997.

dell' isolamento, questa elettricità agevolmente si disperde. Hanno altresì l'inconveniente che a pari stato elettrico dell' atmosfera danno segni assai variabili, in conseguenza delle diversità che sopravvengono nell'isolamento medesimo.

Furono cotali apparecchi immaginati da Franklin; ma il primo venne messo in uso da Dalibard in Francia, a Marly la Ville; e fu con questo, il dì 10 maggio 1752, che si ebbero i primi segni elettrici dall'atmosfera (1).

1520. *Fili metallici tesi.* Vennero questi immaginati dal Beccaria; e constano principalmente di tre parti, che sono: 1.ª quella destinata a raccogliere l'elettricità, chiamata da esso Beccaria *filo esploratore*; 2.ª quella che guida l'elettricità al luogo dell'osservazione, dallo stesso chiamata *filo deferente*; 3.ª quella che serve a far conoscere la specie di essa elettricità e l'intensione e le variazioni, la quale possiamo denominare l'*apparecchio indicatore.*

Il *filo esploratore* giova che sia lungo e sottile, quanto può essere senza correr pericolo che venga rotto o dal vento o dalla grandine o dal proprio peso o da altro accidente. La sottigliezza il rende più atto a prendere l'elettricità dell'atmosfera; e la lunghezza gli dà molti punti di contatto coll' atmosfera medesima (2). Beccaria ne usò di molte lunghezze, da 40 piedi sino a 1500, e fe' molto uso di que' lunghi poco più di 100 piedi (3). Crosse in Inghilterra ne adoperava uno lungo 1800 piedi, grosso un decimo di pollice, e teso fra due alberi da nave ad un'altezza da 100 a 110 piedi; ne aveva sperimentato di maggior lunghezza, ma il filo era allora troppo soggetto a venir danneggiato (4).

(1) Priestley, *Histoire* ec. T. II, p. 160.
(2) Beccaria, *Lettere sull'Elettricismo*, Lettera X, § 123.
(3) *Ibid.* Lettera IX, § 77. — *Dell'Elettricità terrestre atmosferica a ciel sereno*, § 1000, 1065, ec.
(4) Gehler's *Phys. Wört.*, art. *Luftelektricität.*, p. 469. — Singer, *Elementi* ec., p. 227.

Giova inoltre che esso filo esploratore sia alto da terra quant'è possibile, perchè meglio possa sentire l'azione attuante dell'atmosfera. Può esser teso fra due vicini campanili, fra due sommità d'alberi, fra due fumajuoli di case assai elevate, ec. E si deve aver cura che non sia sopravanzato da colline o dagli edificii situati in vicinanza.

Oltre a ciò, data la lunghezza del filo, è bene che egli abbia le due estremità alla maggior distanza possibile, affinchè le elettricità indotte delle sue diverse parti non si deprimano a vicenda.

È in esso importantissimo il buono isolamento. A quest'uopo se ne sogliono attaccare i capi alle estremità di bastoni di vetro inverniciati, posti sulle sommità degli edificii, e difesi da ombrellette metalliche; alle quali ombrellette si possono, per maggiore effetto, aggiungere delle punte acuminate elevate all'alto. Si possono anche condurre questi capi fin sotto a luoghi coperti, e quivi fermarli o ancora a bastoni di vetro, ovvero a cordicelle di seta, impedendo similmente col mezzo di ombrelli metallici che il filo esploratore conduca acqua ai sostegni.

Potendo esso filo esploratore talvolta rompersi, specialmente in occasione di temporale, è bene che sia teso sopra qualche giardino o altro luogo non abitato. E nel tenderlo è da aver riguardo non solo alla sua tenacità, ma anche alla variazione della sua lunghezza pel caldo e pel freddo.

1521. Il *filo deferente* può essere un filo separato, comunicante col filo esploratore e guidato sino alla camera delle osservazioni; e può anche essere supplito dalla parte più bassa del filo esploratore medesimo, venendo questo teso obbliquamente all'orizzonte. Nel primo caso si potrebbe attaccarlo presso uno de' sostegni del detto filo esploratore, per meno aggravare quest'ultimo.

Qualunque disposizione si prescelga, in questo filo

deferente importa moltissimo l'isolamento. Mi parrebbe altresì bene che la parte inferiore di esso non fosse troppo sottile; e potrebbe esser vantaggioso il rivestirla di seta e intonacarla quindi di qualche vernice isolante.

1522. L'*apparecchio indicatore*, quando debba servire per le elettricità forti, può esser fatto nel modo usato dal Beccaria nel fabbricato del Valentino presso Torino (*). Quivi la parte inferiore del filo deferente era isolata sotto un portico con de' fili di seta; e terminava con parecchie punte di diversa acutezza, avendo annessa da un lato una lamina piana metallica. Si affacciava a una delle punte, a una distanza non maggiore di sei pollici, un'altra lamina metallica posta in ottima comunicazione col terreno; e alla lamina del filo deferente si trovava affacciata a una simile distanza la estremità di uno fra otto fili diversamente acuti, comunicanti similmente col terreno, e da lui appellati *fili di salute*. Delle quali due punte, in caso che l'atmosfera fosse elettrizzata in più, la superiore mostrava il fiocchetto e l'inferiore la stelletta, scambiandosi cotali apparenze nel caso dell'elettricità opposta, e mostrandosi in ambi i casi più o men vive secondo la forza dell'una o dell'altra elettricità. Una sola irregolarità si aveva talvolta; ed era che nelle elettricità debolissime e nelle fortissime il fiocco pigliava le apparenze di stelletta. Al che Beccaria rimediava coll'usare le più sottili punte del filo deferente e i più acuminati fili di salute quando l'elettricità era assai debole, e facendo il contrario quando ella era assai forte.

Nelle forti elettricità i segni di attrazione e di ripulsione de' corpi elettrizzati avvicinati sono assai equivoci. Appendendo de' fili di lino al filo deferente, e ad essi avvicinando un corpicello elettrizzato contra-

(*) *Sull' Elettricismo*, Lettera IX, § 79 e seg.

riamente, riceve questo prontamente un'elettricità omologa, e in luogo di attrarli li respinge, come farebbe se avesse un' elettricità omologa fin dapprincipio. È una cosa somigliante, benchè con minore prontezza, avviene anche nelle elettricità mediocri.

Nelle elettricità deboli in vece, nelle quali non si può cavar profitto dal fiocco e dalla stelletta, le attrazioni e ripulsioni sono più sicure. Ben è vero che avvicinando ai peli di lino già menzionati dei corpi elettrizzati similmente, questi cagionano per induzione in essi peli un'elettricità contraria e li attraggono; ma una tale attrazione è preceduta da qualche indizio di ripulsione; il che non avviene avvicinando de' corpi elettrizzati contrariamente (*).

1523. Il modo di operare di questi fili è simile a quello de' cervi volanti e degli altri apparecchi già descritti. L' atmosfera, quando è elettrizzata, fa che la parte inferiore del filo e l'elettrometro che può esservi annesso, piglino per attuazione un' elettricità omologa; e questa si mantiene, malgrado le dispersioni, o anche si aumenta, venendo la perdita riparata continuamente da altra simile elettricità data dall'aria alla parte più elevata di essi fili elettrizzata contrariamente per induzione. Ed è chiaro che i segni offerti dall'elettrometro debbono essere tanto più grandi quanto più elevato e lungo e sottile è il filo esploratore, e quanto migliore è l'isolamento delle varie parti.

1524. Questo apparecchio può anche farci conoscere la facoltà conduttrice dell'aria, mostrandola colla diversa prontezza con cui si rimettono i segni dell'elettrometro dopo distrutti mediante un toccamento; per la quale ricerca un tale apparecchio, quando sia

(*) Un apparecchio indicatore per le elettricità deboli, usato da Beccaria nella collinetta di Garzegna vicino a Mondovì, può vedersi descritto nella sua Memoria *Dell'Elettricità terrestre atmosferica a ciel sereno*, § 1000 e 1040.

in ottima condizione, è migliore di tutti gli altri. È però da avvertire che nel rimettersi de' segni degli elettrometri ha una gran parte anche la diversa agitazione dell'aria; il che può cagionare delle incertezze, alle quali per ora io non saprei suggerire rimedio.

Questi fili tesi sono assai adattati all'oggetto loro, potendo servire sì nelle elettricità debolissime che nelle fortissime, ed essendo altresì comodissimi ad usarsi. Non hanno che il difetto di non poter sempre esser bene isolati, specialmente ne' tempi di nebbia stazionaria, ne' quali si depone dell' umidità anche sotto le ombrellette.

1525. Osservò il Beccaria in questi fili un fatto curioso. Ne aveva teso due nel fabbricato del Valentino, vicini l'uno all'altro, e scendenti entrambi sino a terra. Ora, mentre una nube cagionava in ambedue de' vivaci segni luminosi, allo scaricarne uno coll'avvicinamento di una mano, scemavano momentaneamente anche i segni dell'altro (*). Il che ecco in qual modo io lo spiego. Allo scaricarsi del primo filo, l'elettricità che gli si toglieva, supposta positiva, cessava dall'attuare in più l'altro filo, di cui lasciava tanto diminuire i segni, quanto gli avrebbe aumentati venendo di nuovo restituita. Facile è l'estendere la spiegazione al caso dell' elettricità negativa.

1526. *Apparecchi portatili: Apparecchio di Saussure a palla scagliata.* Gli apparecchi portatili servono ad esaminare l'elettricità ne' viaggi e in qualunque luogo e tempo ci venga desiderio. Consistono essi in generale in un delicato elettrometro e in una parte d'apparecchio destinata a portargli l'elettricità. Un elettrometro assai conveniente è quello di Volta a pagliette, il quale quantunque meno sensibile di quello a foglia d'oro, è in contraccambio assai più portatile, non imbarazzandosi le pagliette l'una coll'altra.

(*) *Sull'Elettricismo*, Lettera X, § 136.

Per guidare l'elettricità all'elettrometro, Saussure prendeva una palla di piombo del peso di tre o quattro once, con unito un cordoncino formato di tre sottili fili d'argento lunghi da 50 a 60 piedi, e terminato all'altro capo con una doppia molla metallica, atta, sinchè il cordoncino era rallentato, a ritenere un anello con cui terminava superiormente l'elettrometro, e la quale si apriva ed abbandonava questo anello allorquando il cordoncino diveniva teso. Pigliato nella mano sinistra l'elettrometro, e adattata la molla al menzionato anello, ei lanciava in alto colla destra la palla, la quale tendeva il cordoncino e gli faceva abbandonar l'elettrometro, dopo però che questo aveva ricevuto per attuazione un'elettricità omologa a quella dell'atmosfera (*).

Pel migliore effetto io consiglierei che prima di lanciare la palla si isolasse il cordoncino, ponendolo, p. e., dentro un asciutto vaso di vetro, come il filo de' razzi di Beccaria. Senza questa pratica, l'elettricità che l'atmosfera attua nel cordoncino prima che questo abbandoni il terreno, si dissiperebbe tutta nel terreno medesimo senza andarne punto all'elettrometro.

Ne' tempi piovosi si adatta all'elettrometro una specie di ombrello che il difenda dall'acqua.

Ne' temporali avvisa Saussure di non tenere l'elettrometro in mano, ma di collocarlo lontano da sè, potendo il cordoncino attirare il fulmine.

È utile quest'uso della palla quando il vento o la pioggia impediscono di usare la fiamma.

1527. *Elettrometro a Fiamma.* È questo un metodo immaginato quasi contemporaneamente da Volta e da Bennet, essendo però la priorità dovuta al Volta; e consiste nell'adattare all'elettrometro un'asta metallica con in cima una candelina accesa; con che si ot-

(*) *Voyages dans les Alpes*, § 785.

tengono segni sensibilissimi di elettricità omologa a quella dell'atmosfera (1).

L'asta suddetta si tien lunga due o tre piedi, formandola per maggior comodo di due o tre pezzi che si uniscono a vite sì fra loro che col cappello dell'elettrometro. Volendo adoperare questo apparecchio, si unisce al pezzo più elevato una candelina, legandovela o semplicemente attorcigliandovela, e facendo che una sottil punta in cui suol terminare il detto pezzo, possa comunicare colla fiamma. Si congiungono quindi gli altri pezzi; e poi si adatta tutta l'asticciuola all'elettrometro. Ciò fatto, si accende la candelina, e tenendo verticale l'asta, si alza lo strumento fino a che le pagliette arrivino a livello dell'occhio; ed immediatamente, se l'elettricità dell'atmosfera è appena forte, si veggono le pagliette aprirsi e divergere di qualche grado.

1528. L'asticciuola metallica, senza la fiamma, era stata immaginata anteriormente da Saussure (2). Curvava egli l'apparecchio verso terra, il toccava colla mano, quindi, tolto questo contatto, il raddrizzava e lo recava in alto, e ne aveva segni quasi sempre visibili, dipendenti dall'azione attuante dell'atmosfera. Ma la fiamma ingrandisce assai questi segni, e riduce assai più comodo lo strumento.

Che s'ingrandiscano i segni, ecco la ragione. La fiamma, siccome conduttrice dell'elettricità, viene a formare coll'asta metallica un unico conduttore, del quale l'inferior parte si elettrizza omologamente all'atmosfera, e la superiore contrariamente. Nel caso che l'atmosfera sia elettrizzata in più, la materia che costituisce la fiamma fugge continuamente colla sua elettricità negativa, e continuamente sottentra altra simile ma-

(1) Volta, *Collezione* ec. T. I, Part. II, p. 91 e seg.; p. 145 e seg.

(2) *Voyages dans les Alpes*, § 791, 794.

teria, la quale dapprincipio è allo stato naturale, ma di poi, sentendo l'azione attuante medesima, manda essa pure una parte del suo fluido naturale all'inferiore estremità della verghetta e all'elettrometro, ad aumentarne la sovrabbondanza; e si seguita di questo passo insino a che la verghetta arrivi ad essere elettrizzata in più in tutta la sua lunghezza e rifiuti di ricevere altro elettrico dalla fiamma. Con tali successive addizioni d'elettrico i segni dell'elettrometro crescono, e, secondo le sperienze di Volta, giungono quasi al triplo di quel che sono senza la fiamma. Essendo l'atmosfera elettrizzata in meno, la fiamma fugge elettrizzata in più, con del fluido tolto all'asta metallica e all'elettrometro, nel quale s'aumentano i segni negativi.

Venendo distrutta l'elettricità dell'apparecchio mediante un toccamento o colla mano o con altro conduttore, ella torna prestissimo a rimettersi sino al punto di prima. Il che non avviene senza la fiamma, non potendo la punta dell'asticciuola, anche essendo acutissima, togliere o dare elettrico all'aria contigua, seppure l'elettricità atmosferica non è estremamente forte; e non si possono repristinare i segni che col curvare di nuovo lo strumento, toccarlo e poi rialzarlo. Oltre a ciò, quando lo strumento è usato colla fiamma, non gli occorre un perfettissimo isolamento, il quale è invece indispensabile senza la fiamma.

1529. All'apparecchio a fiamma si può utilmente applicare il condensatore, mediante il quale si possono aver segni sensibili anche quando l'elettricità atmosferica è debolissima. Poniamo infatti che questa elettricità sia positiva, e che il piede dell'asticciuola si faccia comunicare di tratto in tratto col piatto collettore. Attesa la grandissima capacità di questo, toglierà esso sulle prime quasi tutta la carica dell'asticciuola, la quale carica però si rimetterà prontamente sino alla grandezza di prima; e seguiterà esso collet-

tore a togliere delle parti di una tal carica, prima grandi e poi piccole, sino a che egli arrivi ad avere la stessa tensione del piede suddetto. Essendo esso piede annesso a un tale collettore, si carica questo più prontamente, ma ancora alla stessa tensione, la quale poi cresce a dismisura coll' allontanarsi de' due piatti.

Ecco poi in qual modo io adatto questo condensatore. Colloco l' infimo pezzo della verghetta metallica entro un tubo di vetro intonacato di ceralacca, essendo senza intonaco la sola parte di mezzo ove lo ritengo in mano (fig. 199); fermo a vite un capo di questo pezzo col piatto superiore dell'elettrometro-condensatore, e all'altro capo unisco gli altri pezzi della verghetta; metto la candelina sull'ultimo pezzo, e accesa questa sovrappongo il menzionato piatto al piatto inferiore annesso all'elettrometro, premendovelo contro mediante il nominato tubo di vetro. Intanto tocco con un dito bagnato questo piatto inferiore, tenendovelo aderente per quindici o venti secondi; poi interrompo il contatto del dito bagnato ed alzo il piatto superiore, ed ho nell'inferiore de' segni contrarii allo stato dell'atmosfera, e che sono ottanta o cento volte più grandi di quelli omologhi che si hanno senza il condensatore.

Si può anche applicare l' asticciuola colla fiamma al bottone di una boccetta di Leida, tenendovela applicata per due o tre minuti, e ingrandendo di poi i segni elettrici della boccetta mediante l'elettrometro-condensatore. Che se dopo ciò si trasporta uno de' piatti del condensatore così caricato, a contatto del bottone di una seconda boccia di Leida, e si replica l' operazione molte volte, si avrà in questa seconda boccia una carica assai più forte (*).

Il caricamento della boccia col mezzo della fiamma

(*) Volta, *Collezione* ec. T. I, Part. II, p. 102.

si può ottenere anche in un luogo chiuso, elettrizzandovi l'aria co' metodi altrove indicati (§ 997 e 1345), e quindi recando intorno una boccia al cui bottone sia unita un'asta metallica con in cima la fiamma.

1530. Osserva Volta che l'attività della fiamma non ha nessuna influenza sulla grandezza dei segni, ma soltanto sulla loro prontezza. Volendo segni più grandi fa d'uopo recare la fiamma ad una maggiore distanza da terra e dall'elettrometro. Il che può eseguirsi nel modo seguente (*). Alla punta di un'ordinaria canna da viaggio capovolta all'insù, si adatta un cilindro di vetro intonacato di ceralacca, il quale a un'estremità sia munito di una ghiera metallica atta ad abbracciare e stringere la detta punta. L'altra estremità del detto cilindro si munisce di un cappelletto metallico cui possa congiungersi a vite l'asta portante la fiamma, e il quale sia provveduto di un uncino per attaccarvi un filo metallico comunicante con un elettrometro. Accesa la fiamma, si alza colla destra il bastone colla punta in su, stendendo all'alto il braccio, e colla sinistra si tien l'elettrometro a livello dell'occhio; e in un istante si hanno i segni desiderati. Il bastone si può fare internamente cavo per custodirvi l'asta metallica. Ne' tempi ventosi può utilmente sostituirsi alla candelina una lista di esca accesa, la quale possiede anch'essa, benchè in minor grado, la proprietà della fiamma.

1531. L'elettrometro a fiamma, non giungendo a molta altezza dal suolo, vuol essere usato in luoghi aperti (p. 131), cioè in mezzo a larghi cortili, a larghe piazze, a giardini non ingombri da alti alberi, nelle campagne libere, negli alti balconi, specialmente in quelli situati agli angoli delle case e che non sono coperti da sporgenti grondaje, negli angoli de' terrazzi, ne' ponti, alle rive de' canali e de' fiumi, nelle cime e negli spigoli prominenti delle colline e delle montagne e simili.

(*) Volta, *Collezione* ec. T. I, Part. II, p. 128 e seg.

Non si otterrebbe effetto sensibile nelle contrade strette fiancheggiate da alte abitazioni, ne' piccoli cortili cinti da alte muraglie, ec. Niente affatto poi ne' luoghi chiusi ove l'aria non si fosse elettrizzata ad arte.

1532. Si può applicare la fiamma anche ad apparecchi non portatili. Si prende una lunga canna, abbastanza robusta per potere all'uopo portare all'estremità superiore una piccola lanterna. Si adatta a questa estremità un bastoncino di vetro inverniciato, munito superiormente di un'appendice metallica; e a questa, se il tempo è sereno e non ventoso, si unisce ancora la candelina; ovvero, se il tempo è sereno ma ventoso, vi si mette una lista di esca accesa; ovvero, in questo caso di vento e più ancora in quello di pioggia, le si adatta la menzionata piccola lanterna; e alla stessa appendice si attacca un filo metallico ben isolato che possa portare l'elettricità ad un elettrometro. Si fa quindi sporgere obbliquamente una siffatta canna da una finestra che guardi verso il cielo aperto e che non abbia sopra di sè o grondaja che troppo s'avanzi o altro che possa togliere l'apparecchio all'azione attuante dell'atmosfera: potendo, sarebbe ottimo lo esporre essa canna fuori di un abbaino di un tetto. Nè la lanterna impedisce gran fatto l'efficacia della fiamma contenutavi; perocchè, quantunque chiusa, ella lascia uscire un'aria abbastanza calda e abbastanza conduttrice da poter fare le veci della fiamma medesima (*).

In queste applicazioni della fiamma può servire assai utilmente l'elettrometro di Bohnenberger, il quale, oltre all'indicar la specie, può per la sua sensibilità servire per le elettricità deboli e risparmiare il condensatore.

1533. In vista della grande azione della fiamma per assorbire l'elettricità dell'atmosfera, Volta opinò che si potrebbe forse diminuire il furore de' grandi temporali ed an-

(*) Volta, *Collezione* ec. T. I, Part. II, p. 132.

che annientare i più piccoli, accendendo de' fuochi nelle campagne e meglio ancora ne' luoghi elevati (*); dai quali fuochi, posti in ottima comunicazione colle parti profonde ed umide del terreno, si alzerebbe continuamente dell'aria elettrizzata contrariamente all'atmosfera, e con ciò verrebbe in quest' ultima a distruggersi gran parte della sua elettricità. L'applicazione sarebbe eccellente, se l'elettricità atmosferica fosse veramente la causa de' temporali; ma ella potrebbe non esserne che un fenomeno concomitante.

1534. *Elettrometri per le precipitazioni atmosferiche.* Per esplorare lo stato elettrico delle goccie di pioggia io userei uno strumento simile allo *staccio elettrico* da me descritto a p. 187, ma più ampio, e diviso in parecchie camere aperte per di sotto, da' superiori piani delle quali scendessero tanti coni forati, aggiungendo intorno allo strumento un secondo orlo che impedisse all'acqua di scendere all'esterno; il tutto come appare dalla fig. 200, che mostra la media sezione verticale dello strumento stesso. Questo poi il tenderei con delle cordicelle di seta in mezzo ad un cortile cinto d'alte muraglie ove fosse difeso dall'azione attuante dell'atmosfera, e vi porrei in comunicazione un filo metallico, per mezzo del quale l'elettricità abbandonata dall'acqua venisse guidata a un delicato elettrometro munito all'uopo di un condensatore.

Per la neve, in luogo de' minuti coni forati, userei una reticella metallica a larghi intervalli, la quale scuoterei di tanto in tanto col tirare una delle cordicelle di seta già menzionate.

Per la grandine infine mi servirei dell'imbuto indicato dalla fig. 201. Cadendo in esso la grandine, ella vi deporrebbe l'elettricità che per avventura avesse, e questa verrebbe similmente raccolta da un elettrometro munito all'occorrenza di condensatore.

Ma veniamo omai ai risultamenti ottenutisi con siffatti apparecchi.

(*) Volta, *Collezione* ec. T. I, Part. II, p. 202.

Dell' elettricità terrestre-atmosferica a ciel sereno.

1535. Uso l'appellazione di elettricità *terrestre-atmosferica*, già introdotta dal celebre Beccaria, attesochè i mutamenti di questa elettricità hanno sempre luogo, ma per versi contrarii, tanto nelle regioni aeree quanto nella sottoposta massa terracquea.

Non è infatti inverisimile che il globo terrestre, considerato in totale, abbia quella precisa quantità d'elettrico che il può ridurre allo stato naturale. E in questo caso ogni manifestazione di elettricità in esso globo non sarebbe altro che uno squilibrio di elettrico, un accumulamento cioè di questo in un luogo e una diradazione in un altro; talchè venendo la total massa dell'atmosfera ad averne, p. e., in eccesso, la sottoposta massa terracquea ne avrebbe un corrispondente difetto. E anzi, secondo Wilke ed Epino (*), le due contrarie elettricità dell'atmosfera e del suolo si dovrebbero sempre accompagnare l'una sopra l'altra; di maniera che, trovandosi in ogni tempo l'atmosfera per diverse circostanze elettrizzata variamente ne' varii luoghi, dovrebbe al di sotto delle varie porzioni di essa avere il suolo un'eguale carica contraria, essendo però la distribuzione dell'elettrico nelle minute parti di esso suolo modificata dalla forma della superficie. Questa elettricità sottoposta poi sarebbe puramente superficiale, come risulta dalle leggi esposte nei Capi II e III; stantechè il suolo, a pochi piedi di profondità, è dappertutto conduttore.

E quando la massa totale del globo non avesse la precisa dose naturale d'elettrico, ma in essa vi fosse o sovrabbondanza o mancanza, potrebbe l'eccesso o

(*) Priestley, *Histoire* ec. T. II, p. 39.

il difetto trovarvisi distribuito tutto all'intorno in uno strato equilibrato, nelle più elevate parti dell'atmosfera. La quale distribuzione, finchè sussistesse, non lascerebbe sentire azione alcuna alle parti situate al di dentro di un tale strato. Ma ad ogni alterazione che sopravvenisse nell'atmosfera, avverrebbe un mutamento contrario nella superficie del suolo, stabilendosi un difetto in quelle parti di questa superficie ove al di sopra fosse avvenuto un eccesso, e viceversa; e sarebbe ancora vero che tutte le vicende dell'elettrico nell'atmosfera sarebbero accompagnate da vicende contrarie nel suolo. Nel caso che qui consideriamo lo stato elettrico dell'atmosfera potrebbe alterarsi anche a cagione di semplici movimenti di questa: ma su ciò è al presente affatto superfluo l'occuparsi.

1536. *Esistenza e natura dell'elettricità dell'atmosfera a ciel sereno.* Ne' tempi sereni i segni dati dagli apparecchi superiormente descritti indicano nell'atmosfera un'elettricità costantemente positiva, però in generale assai debole. Il Beccaria, il quale fece su questo argomento numerosissime osservazioni, non trovò elettricità negativa che alcune rarissime volte, nelle quali altresì si conosceva manifestamente che ella era trasportata da un altro luogo dell'atmosfera, ove attualmente v'eran nuvoli, con neve o pioggia o temporale (1). E ciò fu confermato da Saussure (2) e da tutti gli altri osservatori.

A una tale elettricità positiva dell'atmosfera dee sempre corrispondere, secondo le idee or ora esposte, un'elettricità negativa alla superficie del suolo, di diversa intensità secondo le diverse situazioni, più intensa cioè ne' luoghi e ne' corpi più prominenti, e più debole in quelli più bassi e più incavati. E questa

(1) *Dell'Elettricità terr. atmosf. a ciel sereno*, § 1006 e seg.
(2) *Voyages dans les Alpes*, § 804.

elettricità negativa io ammetto che si comunichi eziandio a poco a poco alla parte più bassa dell'aria, specialmente nei tempi umidi. Una siffatta elettricità poi della superficie terrestre s'accorda con quella dell'atmosfera nell'operare sugli elettrometri collocati alto da terra, concorrendo entrambe a far accumulare elettrico alla parte inferiore degli apparecchi, e a farlo diradare nella parte superiore. E l'elettricità degli strati più bassi dell'atmosfera, quando sia realmente contraria a quella degli strati più elevati, tende anch'essa ad accrescere i segni di quella superiore negli apparecchi elevati, ma tende a diminuirli nei bassi.

1537. *Differenze dipendenti dalle località.* I segni della suddetta elettricità sono tanto maggiori, come più volte si è detto, quanto più il luogo dell'osservazione è elevato e libero. Però, come avverte Saussure (1), non è tanto l'altezza assoluta del paese quella che influisce, quanto la relativa del luogo dell'osservatore rispetto ai corpi circostanti. Si avranno, p. e., maggiori segni all'angolo di un terrazzo su di una casa isolata, che non presso terra sulla sommità di una larga collina. Anzi, secondo lo stesso Saussure, a una grande elevazione assoluta del paese, posta pari la situazione relativa dello strumento rispetto al suolo, pare che si abbiano minori indicazioni. Così, per lo meno, gli avvenne di osservare sul Monte Bianco e sul Colle del Gigante (2); e ciò forse per la minore grossezza del sovrapposto strato atmosferico elettrizzato in più.

E questa influenza dell'elevazione relativa deesi attribuire:

1.° All'essere l'azione dell'elettricità atmosferica ne' luoghi elevati poco impedita e anzi favorita dalla elettricità contraria dei corpi terrestri;

(1) *Voyages* ec., § 800.
(2) *Ibid.*, § 2008 e 2055.

2.° All'essere l'elettricità del suolo ne' luoghi prominenti ed elevati molto più forte che nelle altre località, e all'essere ivi per conseguenza molto più energica la cooperazione di questa elettricità nelle indicazioni degli elettrometri;

3.° E alcun poco probabilmente anche all'essere gli infimi strati dell'atmosfera, i quali io stimo elettrizzati contrariamente ai più alti, lasciati in parte al di sotto degli strumenti, dove non contrariano ma anzi favoriscono l'azione della detta elettricità degli strati più elevati.

1538. Pare che ne' segni dati dagli strumenti influiscano soltanto quelle parti dell'atmosfera e del suolo che si trovano alla distanza di poche miglia dall'osservatore; e che tirando intorno a questo un raggio della lunghezza, p. e., di sessanta o settanta miglia, tutto quello che è al di là non influisca più sensibilmente. Perciocchè le azioni provenienti da luoghi più lontani sono assai deboli, e altresì, fino a una certa distanza, assai oblique; e per rispetto ai luoghi lontanissimi pe' quali non ha luogo una tale obbliquità, attesa la curvatura del globo, le azioni mandate di là ai nostri apparecchi da' varii tratti dell'atmosfera si compensano con quelle esercitate dalle parti corrispondenti della superficie del suolo.

1539. *Intensione dell'elettricità atmosferica a ciel sereno.* Io non posso su ciò che citare i risultamenti ottenuti dal Beccaria sulla collina di Garzegna, coll'apparecchio citato nella nota al § 1522. Secondo lui adunque:

1.° L'elettricità di ciel sereno nello stato di sua mediocre e ordinaria intensione giungeva a far divergere per circa sei gradi (ed erano al certo gradi della circonferenza) da una lamina metallica frapposta due pallottoline di midollo di sambuco del diametro di una linea, appese a sottilissimi fili di seta lunghi sedici linee e bagnati d'acqua salsa;

2.° Nello stato di sua massima intensione essa elettricità portava le dette pallottoline alla divergenza di quindici, venti e più gradi;

3.° Nello stato di sua minima intensione, ella non dava segno sensibile che quando si portava vicinissimo a tali pallottoline un conduttore non isolato, il quale le traeva verso di sè (1).

Queste indicazioni, le quali per ora non sono paragonabili che alle altre ottenute col medesimo apparecchio, mostrano, se non altro, quale variabilità si possa avere in cotale elettricità.

1540. *Periodo giornaliero in inverno e in estate.* Ne' giorni perfettamente sereni l'elettricità atmosferica mostra un regolare periodo giornaliero, alcun poco differente dalla state al verno.

Nell'inverno ella è alquanto più forte, e in essa stagione, secondo Saussure (2):

1.° Il minimo d'intensione ha luogo verso il fine della notte sino al levar del sole;

2.° Dopo il levar del sole l'intensione si aumenta gradatamente per qualche ora, arrivando alla massima sua grandezza ora più presto ed ora più tardo, ma sempre avanti il mezzodì;

3.° Ella torna in seguito a indebolirsi gradatamente sin verso il tramontare del sole, ossia sin verso l'incominciamento della rugiada;

4.° Al cadere della rugiada, l'elettricità torna a rinforzarsi, e giunge talvolta a una maggiore intensione che in qualsivoglia altro tempo della giornata;

5.° Dopo ciò ella torna gradatamente a indebolirsi, seguitando a decrescere molto innanzi nella notte; però in tempo affatto sereno non si estingue mai interamente.

È adunque soggetta questa elettricità a una specie

(1) *Dell'Elettricità terrestre-atmosf. a ciel sereno*, § 1002.
(2) *Voyages* ec., § 802.

di flusso e riflusso, rinforzandosi due volte in 24 ore, e due volte indebolendosi. Le intensioni massime si hanno qualche ora dopo il nascere e qualche ora dopo il tramontare del sole, e le minime hanno luogo poco prima del nascere e del tramontare.

1541. Nella state l'elettricità di ciel sereno è assai più debole che nel verno (1), di maniera che l'elettrometro di Saussure ad asta metallica senza fiamma arrivava in estate alla sola divergenza di una linea, mentre in inverno arrivava sino a due. Ciò però ne' tempi serenissimi; giacchè ne' temporali la divergenza arrivava sino al massimo grado di che i fili potevano allontanarsi. Una tale debolezza rende il periodo giornaliero meno riconoscibile e più irregolare, potendo esso facilmente venir mascherato ed anche rovesciato da cause accidentali.

In generale però all'estate, se il suolo è asciutto in conseguenza di giornate secche precedenti, e se si ha altresì un giorno secco e caldo, l'elettricità, cominciando insensibile al levare del sole, va crescendo sin verso le tre o le quattro ore dopo il mezzodì. Dipoi ella scema gradatamente fino a che incomincia a deporsi la rugiada, rianimandosi allora alcun poco per tornare in seguito a diminuire e quasi interamente estinguersi durante la notte. Differisce per conseguenza un tale periodo da quello d'inverno, specialmente per riguardo all'ora del *massimo diurno*, il quale d'estate è posteriore al mezzodì, laddove in inverno è anteriore, come pure per la piccolezza e quasi mancanza del massimo notturno.

Un tale periodo estivo era già stato avvertito da Monnier, il quale pel primo osservò l'elettricità di ciel sereno nel settembre del 1752 (2). Venne esso in seguito determinato più esattamente dal Beccaria (3).

(1) *Voyages* ec., § 803.
(2) *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1752, p. 240 e 241.
(3) *Dell'Elettricità terrestre-atmosf. a ciel sereno*, § 1087 e seg.

Ma nessuno di essi aveva scoperto il periodo d'inverno, il quale venne poscia osservato e descritto da Saussure.

Il periodo giornaliero d'estate ha luogo in una maniera somigliante alla descritta anche ne' luoghi molto elevati, come venne riconosciuto da Saussure sul Colle del Gigante nel luglio 1788, quantunque la temperatura fosse ivi uguale a quella d'inverno nella pianura. Osservò egli cioè che l'elettricità aumentava gradatamente dalle quattro ore del mattino, alle quali ella era quasi sempre nulla, sin verso il mezzodì o le due pomeridiane, senza altro massimo alla sera (1).

È però osservabile che anche in estate, ne' giorni sereni che succedono ai piovosi e ne' quali la terra è ancora inzuppata di umidità, il periodo giornaliero dell'elettricità si assomiglia a quello d'inverno, vale a dire l'intensione di essa elettricità comincia ad indebolirsi verso il mezzodì (2).

È altresì da osservare che i periodi giornalieri ora descritti si manifestano senza gran diversità anche nei tempi coperti, purchè non si abbia pioggia nè temporale (3). Ma ne' temporali e nelle piogge si hanno variazioni irregolarissime, come si è già accennato, e come più estesamente diremo in appresso.

1542. *Di alcuni particolari accidenti nell'elettricità di ciel sereno.* I forti venti sogliono, secondo Saussure, diminuire l'intensione di questa elettricità, per la ragione, dic'egli, che essi rimescolano insieme gli strati dell'atmosfera e li fanno passare presso la superficie terrestre e quivi deporre il loro eccesso di elettricità. E da ciò si può dedurre che l'elettricità dell'atmosfera non nasce da sfregamento dell'aria col terreno. Accadde però una volta a Saussure di os-

(1) *Voyages* ec., § 2055.
(2) *Ibid.*, § 803.
(3) *Ibid.*, § 801.

servare una vivace elettricità mentre spirava un forte vento di tramontana (1).

1543. La più forte elettricità che si osservi nell'aria fuori di temporale, si ha in tempo di nebbia. Nè mai accadeva a Saussure che questa tralasciasse di dargli una elettricità sensibilissima, trattone il solo caso che essa nebbia si risolvesse in pioggia, nel qual caso i segni elettrici talvolta mancavano (2). E questa elettricità è anch' essa positiva.

1544. Secondo Beccaria si ha altresì una forte elettricità positiva allorquando nel cielo si forma un raro ed uniforme annebbiamento che sbiadisce assai il colore cilestro dell' aria (3).

1545. Quando il sereno è nel suo incominciamento suole insorgere, secondo il Beccaria, un' elettricità positiva, la quale, specialmente allorquando pel rasserenamento la stagione progredisce assai innanzi e assai velocemente nella siccità, acquista una notabile intensione, decrescendo però in seguito coll' inoltrarsi della siccità stessa. E si può persino, dopo una pioggia, predire una maggiore o minore durata del sereno, secondo che è maggiore o minore la forza di una tale elettricità (4).

1546. Nella stagione fredda, quando il cielo è sereno e non commosso da forte vento, e si mantiene una grande siccità, osservò il Beccaria (5) che alla sera, dopo il tramontare del sole, nell' incominciare a deporsi la rugiada, si eccita nell' apparecchio de' fili metallici tesi una elettricità positiva assai intensa e che lentamente decade. Questa elettricità si manifesta altresì nelle stagioni temperate e nella calda, se le circostanze atmosferiche sono le medesime; ma essa è allora più incostante nell' intensione, comincia più rapidamente e più presto finisce. Ed essa insorge pure

(1) *Voyages* ec., § 801. — Beccaria, *Dell'Elettricità terrestre atmosf.* ec., § 1115 e seg.
(2) *Voyages* ec., § 801.
(3) *Dell'Elettricità terrestre-atmosf.*, § 1057.
(4) *Ibid.*, § 1049 e seg.
(5) *Ibid.*, § 1143 e seg.

nei tempi meno secchi, purchè non manchino la serenità e la tranquillità dell'aria; ma in questo caso è meno intensa, ed è di più breve durata, e dopo si estingue affatto.

Credeva il Beccaria che questa elettricità venisse portata nel suo apparecchio dalla rugiada stessa che vi si deponeva (1). Siccome però un tale aumento di elettricità al cadere della rugiada si palesava anche negli elettrometri di Saussure, sui quali essa rugiada non aveva tempo di deporsi (§ 1540), così pare che questa elettricità spetti propriamente all'atmosfera, la quale, al comparire della rugiada nella campagna, divenga elettrizzata ad un più alto grado. E qui a mio credere si nasconde qualche verità assai importante per la meteorologia elettrica.

1547. Si è detto ai § 1540 e 1541 che durante la notte l'elettricità suole gradatamente indebolirsi. Ora è da aggiungere che questo indebolimento è più pronto ne' tempi umidi, e più lento ne' secchi, rimanendone in questi ultimi qualche poco anche alla mattina seguente (4). Probabilmente l'umidità rendendo l'aria conduttrice, fa che si comunichi più facilmente agli strati inferiori dell'atmosfera un'elettricità contraria a quella de' più elevati, e che si distrugga più prontamente l'azione di questi ultimi sui corpi terrestri.

Molte altre particolarità vennero osservate in questa elettricità di ciel sereno, specialmente dal diligentissimo Beccaria. È danno che nei tempi umidi i suoi apparecchi non si mantenessero abbastanza isolati; il che lascia delle incertezze, che gioverebbe togliere per mezzo di apparecchi migliori.

1548. *Dell'elettrico ceduto continuamente dall'aria ai corpi terrestri.* Gli infimi strati dell'atmosfera, essendo sempre in qualche grado umidi, sono sempre atti a trasmettere, più o meno prontamente, del fluido elettrico alla terra; e siccome l'atmosfera, presa nella sua totalità, suole ne' tempi sereni essere elettrizzata positivamente, così si ha una continua trasmissione di questo elettrico dai detti infimi strati

(1) *Dell'Elettricità terr. atmosf.*, § 1148.
(2) *Ibid.*, § 1087.

alla sottoposta superficie terrestre, essendo esso spinto all'ingiù dall'azione attuante della superiore atmosfera, e attratto dalle prominenze de' corpi terrestri elettrizzati in meno per induzione. E ad assorbirlo si prestano specialmente que' corpi terrestri che sono forniti di punte, de' quali se ne trovano moltissimi soprattutto nel regno vegetale.

La diversa rapidità di questo moto discendente dell'elettrico può essere manifestata dai fili metallici tesi, quando sieno bene isolati. E Beccaria ne fe' molte osservazioni nel suo apparecchio di Garzegna, citato nella nota al § 1522; nel quale fra le altre cose ei notava la prontezza con cui si repristinavano i segni elettrici dopo distrutti con un toccamento.

In generale vi ha una grande variabilità in questo passaggio dell'elettrico. Il Beccaria (sempre in tempo sereno) trovò che nel citato apparecchio i segni elettrici, dopo distrutti, talora non tornavano sensibili che dopo un minuto primo, e talora ricomparivano in meno di un secondo (1). E una simile variabilità la trovò anche Cavallo col cervo volante (§ 1513); e dipende essa specialmente dall'umidità dell'aria (2). Fa poi notare Beccaria che la differenza reale dai tempi secchi agli umidi doveva essere molto maggiore di quello che compariva nel suo apparecchio, il quale ne' tempi umidi, essendo male isolato, lasciava disperdere una grande porzione dell'elettricità assorbita. Ond'è ch'egli reputa grandissima la quantità d'elettrico tolta all'aria dal suo filo esploratore in que' tempi umidi ne' quali l'atmosfera si mostrava alcun poco elettrizzata (3).

A pari siccità apparente, cioè a pari indicazione degli igrometri, il Beccaria trovava molto più pronto l'assorbimento dell'elettricità ne' tempi caldi che ne' freddi (2); cosa in vero ben naturale (§ 1336).

1549. In vista di questa continua trasmissione dell'elettrico parrà ora probabile anche al lettore che nell'interno de' continenti, gli strati atmosferici vicini a terra sieno elettrizzati in meno. Son dessi infatti quelli che cedono alla

(1) *Dell'Elettricità terrestre-atmosf.* ec., § 1004.
(2) *Ibid.*, § 1044.
(3) *Ibid.*, § 1045.

terra del loro elettrico, non operando gli strati superiori che per semplice attuazione. Ne è tutto nuovo il pensiero. Esso non è che un'estensione di quanto ammetteva Volta e in seguito a lui altri fisici (1), cioè che spesse fiate le nubi più basse, toccando le prominenze terrestri e soffrendo un'azione attuante dall'elettricità positiva delle nubi superiori, si elettrizzino per induzione negativamente.

Al considerare un siffatto passaggio dell'elettrico, egli è altresì indispensabile lo ammettere un qualche altro naturale processo o lento e continuo o rapido e ad intervalli, mediante il quale esso elettrico venga di nuovo ricondotto dalla superficie terrestre all'atmosfera.

1550. *Idee sulla causa dell'elettricità atmosferica.* Secondo alcuni fisici una tale elettricità sarebbe un effetto *termoelettrico*, un effetto cioè della tendenza che sogliono avere i corpi caldi a cedere elettrico ai freddi. Gli infimi strati dell'atmosfera, siccome più caldi, comunicherebbero continuamente elettrico agli strati contigui sovrapposti che ne sono più freddi, e questi ai seguenti, e così fino ai più elevati, prendendone in compenso i detti ultimi strati dal terreno cui si trovano in contatto. Quest'opinione era già stata adottata, in un modo alquanto imperfetto, da Canton, il quale riguardava l'atmosfera come una specie di *tormalina* (2), pietra nella quale, come vedremo altrove, il calore fa che una parte si mostri elettrizzata in più e l'altra in meno. Da non molto tempo una siffatta opinione si è resa un po' più probabile, specialmente dopo le sperienze di Seebck, le quali hanno confermata ed estesa la proprietà, che di due corpi omogenei inegualmente caldi, il più caldo cede generalmente elettrico al più freddo. Ultimamente ella è stata abbracciata da De La Rive (3).

Io ho però qualche difficoltà a credere che una degradazione di temperatura la quale non arriva a $^1/_{100}$ di grado centigrado per ogni metro, in una materia sì poco conduttrice qual è l'aria, e coll'opposizione dell'azione attuante degli strati superiori dell'atmosfera, basti a far sa-

(1) Volta, *Collezione* ec. T. I, Part. II, p. 293 e 407.
(2) Priestley, *Histoire* ec. T. II, p. 152 e 497.
(3) *Bibl. Univ.* Mai et Juin 1836, p. 239.

lire dal suolo tanto elettrico, quanto occorre a riparare le perdite continue, benchè lente, che si fanno dai corpi puntuti, e quelle enormi che probabilmente si fanno di tanto in tanto ne' temporali.

1551. Un' altra ipotesi a cui le sperienze pajono più favorevoli che alla precedente, è quella di Volta modificata da Pouillet, secondo la quale l'elettricità dell'atmosfera deriverebbe dall' evaporazione dell' acqua.

Già da molto tempo avevano i fisici opinato che nell' evaporazione dell'acqua si sviluppi dell' elettricità, e fra essi vogliono citarsi Franklin e Kinnersley; però le sperienze da essi su ciò tentate erano rimaste infruttuose (1). Anche il Beccaria dava ai vapori acquei una grande azione nell'elettricità atmosferica, a ciò indotto dalle molte sue osservazioni meteorologiche (2): egli credeva cioè che il vapore disseminato nell' aria sia quello che riceve e conserva l'elettricità comunicata all'aria medesima; il qual pensiero, non ancora ben sicuro, sarebbe degnissimo d' essere esaminato dai fisici. Finalmente i delicati apparecchi di Volta posero fuori d' ogni dubbio le idee di Franklin e di Kinnersley. Avvenne ciò nel 1782 in una serie di sperienze eseguite da esso Volta insieme con Laplace e Lavoisier, avendo per altro questi due ultimi, nel ripetere le sperienze cominciate con Volta, avuto la ventura d' essere i primi a ottenere de' risultamenti concludenti.

Il processo impiegato fu questo. Si isolò un vaso di ferro contenente de' carboni accesi e comunicante con un condensatore, e si spruzzò dell'acqua su questi carboni; e con ciò il vaso divenne elettrizzato negativamente. Donde si potè concludere che i vapori acquei che si alzavano ed abbandonavano il vaso, portavano con sè una porzione del fluido naturale del vaso stesso e de' corpi che vi si contenevano; e che l'elettricità dell' atmosfera dee al certo esser quella che viene trasportata all'alto dall' incessante evaporazione che ha luogo alla superficie terrestre (3).

(1) Priestley, *Histoire* ec. T. I, p. 391. — Franklin, *Oeuvres*. T. I, p. 185.
(2) *Dell'Elettricità terrestre-atmosf.* ec., § 1048.
(3) Volta, *Collezione* ec. T. I, Part. I, pag. 270 e seg. — *Memorie dell'Accademia di Parigi*, anno 1781, p. 294.

Vennero queste sperienze ripetute da Saussure nel 1785 (1), ma con vario esito. Gettando dell'acqua su de' carboni ardenti contenuti in un crogiuolo freddo di argilla, egli ebbe nel recipiente un'elettricità negativa, come era accaduto a Volta (2). Ma in molti altri casi, ne' quali faceva evaporar l'acqua su metalli e su altri corpi riscaldati, egli aveva in questi corpi ora elettricità positiva ed ora negativa, e talora non aveva nessun indizio nè dell'una nè dell'altra. Ad onta però di tutte queste incertezze, riguardò anch'egli l'elettricità atmosferica come una conseguenza dell'evaporazione (3).

1552. Per togliere siffatte dubbiezze fece recentemente molte sperienze Pouillet, dalle quali gli risultarono i seguenti fatti (4):

1.° Il semplice passaggio dell'acqua allo stato aeriforme non sviluppa nessuna elettricità. Avendo posto ad evaporare dell'acqua in un pulitissimo vaso di platino, non ottenne mai in questo verun minimo segno elettrico. Il quale risultamento egli ebbe anche da altri liquidi, quando evaporavano senza decomposizione. Il che spiega perchè Saussure non abbia ottenuto elettricità dall'evaporazione di un pannilino bagnato e isolato, appressato a un vivo fuoco (5), come neppure dall'evaporazione della terra umida.

2.° Separandosi l'acqua da sostanze alcaline fisse, quali sono la potassa, la soda, la calce, la strontiana, ec., ella se ne fugge elettrizzata in meno, e lascia il vaso elettrizzato in più. Il che si riconosceva versando delle soluzioni di queste sostanze in un vaso rovente di platino, cui era annesso un condensatore.

3.° Quando in vece l'acqua nel suo volatilizzarsi si se-

(1) *Voyages* ec., § 805 e seg.
(2) *Ibid.*, § 825.
(3) *Ibid.*, § 829.
(4) *Ann. Chim. Phys.* T. XXXV, p. 401; XXXVI, p. 5.
(5) *Voyages* ec., § 827. — Osservò Saussure in questa occasione un fatto degno d'esser notato. Mentre ei teneva dinanzi al fuoco il sovraccitato pannilino bagnato, lo elettrizzava egli talvolta direttamente col toccamento d'un tubo di vetro o d'un pezzo di ceralacca strofinati, e vedeva quest'elettricità, anche quand'era leggiera, conservarsi per un tempo assai lungo.

para da sostanze acide o da sostanze saline, lascia queste elettrizzate in meno, e se ne fugge elettrizzata in più.

4.° E se l'acqua si decompone per ossidazione di qualche metallo, l'idrogeno se ne parte elettrizzato in più, e il vaso rimane elettrizzato in meno; come precedentemente.

Pare da ciò che allorquando Saussure otteneva elettricità negativa ne' vasi di ferro o d'altra natura ne' quali faceva evaporare o bollire l'acqua (1), dipendesse ciò da decomposizione di quest'acqua, nella quale decomposizione l'idrogeno portasse seco una quantità d'elettrico, lasciando il vaso elettrizzato negativamente. In quanto alle altre sperienze di esso Saussure dalle quali aveva risultamenti contrarii, cioè un'elettricità positiva nel vaso (2), io non ne saprei dar sicura ragione, non avendo Pouillet variate abbastanza le sue ricerche: probabilmente in queste sperienze di Saussure gli ossidi di ferro e di rame si comportarono come gli alcali in quelle di Pouillet (3), rimanendo elettrizzati in più nel venire abbandonati dall'acqua.

Da ciò noi possiamo altresì inferire che siccome le acque che bagnano la superficie terrestre, e segnatamente quelle de' mari, contengono sempre delle sostanze straniere e specialmente saline, le quali esse abbandonano nel loro volatilizzarsi, così l'evaporazione che si opera continuamente su tutta la superficie terracquea è per l'atmosfera una efficacissima e continua sorgente di elettricità, e precisamente di elettricità positiva. La qual conclusione era appunto quella anche di Volta, benchè egli a que' tempi non fosse arrivato a vederne la causa nelle operazioni chimiche accompagnanti l'evaporazione medesima.

1553. Il sig. Pouillet pensò che all'elettricità atmosferica possa altresì contribuire possentemente la vegetazione, venendo continuamente dai vegetabili o assorbite o emanate delle sostanze aeriformi, in forza delle operazioni chimiche che hanno luogo nelle loro funzioni. Per accertarsene egli isolò de' vasi con entro della terra vegetale, e vi fece germogliare delle sementi in luogo secco, e n'ebbe un abbon-

(1) *Voyages* ec., § 806, 811, 814, 815, 816, 817, 818.
(2) *Ibid.*, § 805, 807, 812, 813.
(3) *Ann. Chim. Phys.* T. XXXVI, p. 16.

daute sviluppo di elettricità, la quale ne' vasi fu generalmente positiva (*). Sarebbero da estendere queste ricerche a tutti gli altri periodi della vita de' vegetabili, sperimentando all' aria libera sotto l' azione del sole, però in un luogo cinto da alte muraglie, affinchè negli effetti non avesse influenza l' elettricità dell' atmosfera.

1554. Noi possiamo pertanto concludere che la continua evaporazione delle acque, col concorso probabilmente, o favorevole o contrario, delle funzioni de' vegetabili, manda incessantemente nell' atmosfera un' abbondante quantità di fluido elettrico, per supplire a quello che viene continuamente assorbito dai corpi acuminati, e a quello che verisimilmente retrocede nel terreno durante i temporali. Questo elettrico dee innalzarsi più abbondantemente nelle ore diurne che nelle notturne, attesa l'azione del calor solare sulle acque suddette; ed è questa probabilmente la ragione perchè i segni elettrici, estintisi o indebolitisi durante la notte, tornano gradatamente a rinforzarsi dopo il rinascere del sole.

Pare che la maggiore quantità di questo elettrico venga somministrata dalle acque del mare, e specialmente de' mari della zona torrida. Non solo le acque marine sono assai più salse delle altre, ma altresì la loro superficie manca di corpi acuti e prominenti atti a riassorbire l' elettrico che si va sollevando; e nella zona torrida il calore promuove possentemente l' evaporazione.

Una tale elettricità poi dobbiam credere che venga trasportata in alto mediante l' innalzamento continuo dell' aria riscaldata, e che giunta a quelle altezze ove l' aria è rarissima ed estremamente conduttrice, essa elettricità si diffonda prontamente per estesissimi spazii, mettendosi in equilibrio con quella già ivi esistente o che è salita da altri luoghi della terra.

1555. Perchè in inverno l' elettricità di ciel sereno è più intensa che in estate, quantunque l' evaporazione e la vegetazione sieno allora meno attive?

Sebbene l' attuale stato della meteorologia elettrica non ci permetta di appianare tutte le difficoltà, direi però, per

(*) *Ann. Chim. Phys.* T. XXXV, p. 414 e seg.

riguardo alla suddetta questione: 1.° che l'elettricità che si palesa in inverno non è già quella soltanto che s'innalza da' luoghi ove ella si manifesta, ma verisimilmente vi si associa anche di quella che si forma in paesi lontanissimi e assai più caldi, e che alzandosi sino ad altissime regioni dell'atmosfera, si diffonde di là assai ampiamente e spinge ancora più lontano quella già ivi esistente; 2.° che essendo in inverno l'aria meno conduttrice, men facile è che l'elettricità atmosferica venga riassorbita dai corpi acuminati, e che quindi quella degli strati più elevati venga dissimulata da quella contraria acquistata dagli strati più bassi. Aggiungerei che nell'inverno la detta elettricità è meno scaricata dai temporali, se non riflettessi che ella può venire indebolita in un modo abbastanza sensibile anche dai temporali delle regioni antartiche.

1556. *Proposta di alcune nuove sperienze relative all'elettricità di ciel sereno.*

1.° Sarebbe da esplorarsi, come già desiderava Saussure (*), la intensità dell'elettricità atmosferica a varie altezze sopra una vasta pianura, approfittando di qualche salita aerostatica nella quale si facessero delle prove a parecchie elevazioni. In ciascuna prova si dovrebbe prima ridurre la barchetta ad uno stato costante, al che servirebbe, a mio giudicio, il fare sporgere da una parte prominente una lanterna con entro un lumicino acceso, la quale lanterna continuerebbe a dare o ad assorbire elettrico finchè si trovasse allo stato naturale: di poi si ritirerebbe la lanterna e s'estinguerebbe il lumicino, e si calerebbe una palla con annesso un filo metallico, al modo di Biot (p. 694).

Se si trovasse che i segni elettrici crescono colle altezze sino a un certo punto, e di poi tornano a diminuire, si conchiuderebbe che dal suolo sino a quel punto l'aria è elettrizzata in meno, e che al di sopra lo è in più. Si riterrebbe infatti che nelle sperienze fatte sotto a quel punto vi sia al di sopra uno strato elettrizzato in meno, il quale dissimuli in parte lo stato positivo superiore; che a quel punto gli strati inferiori sieno elettrizzati in meno, e i superiori in più, e sì gli uni che gli altri cospirino alla pro-

(*) *Voyages* ec., § 834.

duzione de' medesimi segni; e che nelle sperienze fatte al di sopra di quel punto si abbia inferiormente uno strato elettrizzato in più, il quale si opponga all'azione attuante dell' aria superiore.

2.° Si dovrebbe aspirare per mezzo di un ventilatore a forza centrifuga, in una stagione calda ed umida, una corrente di aria, facendola passare, pria di giungere al ventilatore, accanto a due simili vasi metallici isolati e muniti di elettrometri, uno alla temperatura dell' atmosfera e l'altro ripieno di ghiaccio. Se quest' ultimo, al ricoprirsi di rugiada, venisse ad elettrizzarsi in meno, rimanendo il primo allo stato naturale, si verrebbe a confermare: *a*) che le parti inferiori dell' atmosfera sono elettrizzate in meno (*); *b*) che quest' elettricità sta congiunta colle molecole del vapore acqueo, secondo le idee di Beccaria. E il risorgimento dell' elettricità atmosferica al deporsi della rugiada naturale (§ 1540 e 1546) si potrebbe attribuire a deposizione di una parte della detta elettricità negativa, la quale venga ricevuta dai vegetabili e dal terreno, e cessi di contrariare l'elettricità positiva della parte più elevata dell' atmosfera.

3.° Ne' tempi di folta nebbia converrebbe aspirare, per mezzo del menzionato ventilatore, una corrente di aria nebbiosa, facendola passare da uno *Staccio elettrico* (fig. 62). Se questo si elettrizzasse in meno, si confermerebbero le idee or ora esposte; e inoltre si arguirebbe che i forti segni positivi che si hanno in tempo di nebbia deriverebbero dall' attaccarsi le goccioline acquee ai molti corpi situati sulla superficie terrestre, deponendovi la loro elettricità negativa, e lasciando più sensibile l'azione di quella positiva delle regioni elevate.

4.° Queste sperienze sulla rugiada e sulla nebbia converrebbe ripeterle in alto mare, affine di vedere se la bassa aria sia ivi per avventura elettrizzata in più al pari di quella elevata, mancando le punte assorbenti che vi hanno ne' continenti. Se così fosse, si potrebbe agevolmente spie-

(*) Ha quest' opinione anche il sig. Peltier, il quale ne fa parola nel N.° 122 dell'*Institut*, anno 1835, p. 289; il che m'è caduto sott' occhio mentre il precedente foglio, ove in più luoghi io espongo queste idee, si trovava già sotto i torchi.

gare il fatto citato da Pianciani (1), che le trombe di mare mostrano minori apparenze ignee che quelle di terra. Essendo l'aria che si innalza in queste ultime elettrizzata probabilmente in meno, potrebbesi credere che essa attragga in forma di folgori l'elettricità positiva delle alte regioni dell'atmosfera; il che non si potrebbe dire delle trombe di mare.

Converrebbe anche osservare quali sieno in alto mare le vicende dell'elettricità atmosferica, specialmente allorquando la nave si trovasse fermata in un dato luogo da una calma.

Elettricità delle nubi non temporalesche.

1557. *Dell'elettricità delle nubi senza pioggia nè altra precipitazione atmosferica.* Ad onta delle molte osservazioni fattesi, sono assai scarse le nostre cognizioni su questo argomento. Ecco i pochi risultamenti che pajono più sicuri.

Abbiam già detto che la bassa nebbia sopra cui il cielo sia sereno, è accompagnata da vivace elettricità positiva, la quale cessa al cangiarsi di questa nebbia in acquerugiola (§ 1543).

In tempo di alte e tranquille nubi non piovose la elettricità è assai debole (2), mostrando per altro lo stesso periodo come nelle giornate serene (p. 715).

Osservò Saussure che innalzandosi qualche nuvoletta lungo il pendio di un monte, e alla sommità di questo venendo ella a passare sulla punta di un conduttore isolato di cui esplorava lo stato elettrico con un elettrometro, o anche passando ella qualche poco al di sopra di questa punta, sempre però rimanendo essa nuvoletta isolata da terra, si avevano all'istante di questo passaggio de' vivi segni di elettricità, i quali cessavano dopo che la nube era passata. Mancavano

(1) *Istituz. Fis. Chim.* T. III, p. 555.
(2) Beccaria, *Dell'Elettricismo*, Lettera X, § 124

però siffatti segni, se la nuvoletta radeva la terra e inviluppava tutto il conduttore (1).

1558. Il Beccaria osservò molto costantemente che allorquando sopra il suo apparecchio de' fili metallici tesi passavano isolate di quelle nubi che Howard appella *Cumuli*, i segni dell'ordinaria elettricità positiva dell'atmosfera s'indebolivano (2). « A cielo se« reno, dic' egli, nell'atto che passa sul filo esplo« ratore un nuvolo lento e basso e unito nel suo corpo « e solitario, cioè disgiunto ampiamente da altri nu« voli, d'ordinario la elettricità per eccesso indebo« lisce molto considerevolmente; ma non si volge in « contraria; ed essa, passato quel nuvolo, torna al « suo valore di prima. » Per meglio caratterizzare questi nuvoli, egli fa notare che il vento li fa progredire molto lentamente, e che essi osservansi a certa non grande altezza sopra l'orizzonte, ove nella state, massime nelle giornate di non lontani temporali, si veggono disposti in assai grande e quasi regolare distanza, col dorso bitorzoluto, e coll'inferior superficie spianata; e li chiama *zattere*, parendo esser quelli che adducono provvisione di materia ai temporali. Io stimerei queste nubi elettrizzate in meno, ma incapaci, per la loro limitata grandezza, a rovesciare i segni mostrati dalla totalità dell'atmosfera.

1559. Un'altra osservazione molto importante fatta da Beccaria è la seguente. « A cielo sereno (dice « egli) nell'atto che sopra il filo esploratore si stanno « perpetuamente ricomponendo e disciogliendo nu« voletti a bioccoli che facciano un corpo di consi« derevole estensione, d'ordinario l'elettricità per ec-

(1) Saussure, *Voyages* ec., § 294, 783 e seg. Credeva Saussure che siffatte nuvolette non facessero che da semplici conduttori, guidando abbasso l'elettricità degli strati atmosferici ad esse superiori (*ibid.*, § 786). Sarebbe questa una cosa degna d'essere verificata.

(2) *Dell'Elettricità terrestre-atmosf.*, § 1071 e seg.

« cesso cresce di intensione . . . . . Frequentemente
« (soggiunge egli poco dopo) mi sono compiaciuto
« di starmi fisso a contemplare . . . . . *questi nuvo-*
« *li* . . . . . animati da inquieto movimento, a ca-
« gione del quale, come anche a motivo della sem-
« bianza, io mi uniformo co' nostri contadini e li
« chiamo i *capretti*. Fissandoli attentamente si vede
« che essi, non per azione di vento, ma per altro
« quasi intestino principio, si stanno dissipando e di-
« sciogliendo in tale parte, e riunendosi in tale al-
« tra (1). »

Altre considerazioni di questo celebre fisico sull'elettricità de' nuvoli lascerò che si consultino nelle sue opere (2).

1560. Oltre a queste poche nozioni più particolari e determinate, possiamo dire in generale che ne' tempi nuvolosi si trovano nell'atmosfera sì delle nubi elettrizzate in più, come di quelle elettrizzate in meno, con cariche più o meno intense, esistenti ora separatamente ed ora contemporaneamente, ed anche sovrapposte le une alle altre; ond'è che ne' nostri apparecchi abbiamo de' segni ora dell'una specie ed ora dell'altra, con mutazioni talvolta assai pronte.

1561. Alcuni fisici, opinando che le nubi sieno molto più conduttrici che l'aria in mezzo a cui galleggiano, stimano che l'elettricità vi si distribuisca in un sottil velo superficiale, come ella fa ne' corpi conduttori. Altri però le reputano d'una conducibilità assai imperfetta, e credono che l'elettricità rimanga lungo tempo aderente a quelle parti, anche situate nell'interno, ove ella si trova dapprincipio, nè cangi distribuzione che con molta lentezza, seppure ciò non avvenga con qualche lampo o saetta (3). Ed io sono

(1) *Dell'Elettricità terrestre-atmosf.* ec., § 1071 e 1076.
(2) *Ibid.*, § 1057 e seg.
(3) Bellani, *Opuscoli matematici e fisici di diversi autori*. T. II, p. 212. Milano, 1834, presso Giusti.

del parere di questi ultimi. Io rifletto che se una nube, mantenendosi sotto una costante pressione atmosferica, venisse a scaldarsi in modo da divenire trasparente, ella dovrebbe rendersi più conduttrice di prima, sì in grazia della dilatazione, che per lo sciogliervisi e diffondersi uniformemente quell'acqua che prima formava il vapore visibile; e con tutto questo la sua facoltà conduttrice supererebbe quella dell'aria vicina al suolo solamente di quel tanto che è portato dalla sua minore densità (§ 1339). Dove la conducibilità può essere molto grande si è nelle nubi elevatissime e nelle superiori regioni dell'atmosfera.

1562. *Dell'elettricità che accompagna la pioggia e la neve senza temporale.* Sull'elettricità propria delle gocce di pioggia e de' fiocchi di neve non so se ancora si sieno fatte buone osservazioni. Quella che comunemente si appella elettricità della pioggia e della neve, è quella manifestata da' comuni apparecchi durante la caduta di cotali precipitazioni atmosferiche; e in essa ha una parte principalissima l'elettricità propria delle nubi e dell'atmosfera. A ottener separatamente quella delle gocce e de' fiocchi di neve potrebbero servire gli apparecchi descritti al § 1534.

Riguardo all'elettricità finora ottenutasi negli apparecchi, dirò che in generale ella si rinforza quando le nubi si dispongono alla pioggia, specialmente se questa è per continuare alquanto; e che ella si mantiene durante la pioggia anche non temporalesca; nel qual tempo ella suole presentare delle irregolari variazioni sì nella specie che nell'intensità, le quali variazioni però sono meno rapide che ne' temporali. E lo stesso avviene per riguardo alla neve.

Si possono vedere molte minute osservazioni su questo argomento nelle opere di Beccaria (1), e nel nuovo Dizionario Fisico di Gehler (2).

(1) *Lettere sull'Elettricismo*, Part. II, § 126, 127, 379, 383, 398, 400.

(2) Art. *Luftelektricität*, p. 485 e seg.

1563. *Congetture intorno agli effetti operati dall'elettricità nelle nubi e nella pioggia*. Le minime masse acquose che formano la più parte delle nubi (sieno piene esse masse ovvero vote), sembra a Musschenbroek (1) e ad Howard (2) che stiano disgiunte le une dalle altre in forza di una ripulsione elettrica.

1564. Howard, il quale fece de' lunghi studii sulla forma delle nubi, riguarda come dipendente dall'elettricità la struttura fibrosa e ramificata e talvolta arricciata che ci presentano quelle tenui ed elevatissime nubi ch' egli appella *Cirri*, paragonando queste alle note *figure di Lichtenberg*. Però non è che una congettura, non ancora appoggiata ad osservazioni effettive (3).

1565. Osservò il Beccaria, che tanto in estate quanto in primavera e in autunno, durano spesse volte nel cielo per molte ore ed anche per giorni interi de' nuvoletti disgiunti, senz' altro effetto, sorgendo finalmente lento lento dall'orizzonte un esteso *Cumulo* sopra una larga ed oscura base. E se in tale stato di cose viene in quel cumulo a scoppiare qualche improvviso tuono, immantinente esso cumulo si mette in rapido moto, i suoi limiti si fanno sfumati, e sfumati divengono altresì i limiti de' nuvoli vicini i quali si vengono ad unire con lui in un sol corpo, e tostamente questa vicendevole unione ed uniformità progredisce agli altri nuvoletti più lontani, talchè il cielo viene ad essere ingombrato da un solo nuvolo; e ne succede pioggia tranquilla e talora molto durevole, senza altro tuono nè altro lampo (4).

1566. È stato osservato che un *Cumulo* semplice,

(1) *Introd. ad Phil. Nat.*, § 2395.
(2) *Bibl. Britann.* T. XLIX, p. 295.
(3) *Ibid.* T. L, p. 25.
(4) *Dell' Elettricismo*, Lettera XV, § 354. — Il menzionato cumulo viene da Beccaria chiamato un *Ramo del Nembo* (*Ibid.*, Lettera X, § 108 e 109).

anche denso, non dà mai pioggia (e si può forse dire lo stesso anche delle altre nubi semplici); e che piove in véce sovente allorquando passano due nubi l'una sull'altra, sebbene a qualche distanza (1). Forse le due nubi sono allora diversamente elettrizzate, e trapassando dell'elettrico dall'una all'altra, si producono in esse degli intestini movimenti i quali determinano l'incontro e l'unione di un gran numero delle suddette minime masse acquose. E fors'anche s'attraggono fra loro le minime masse contrariamente elettrizzate, a quel modo che elettrizzando contrariamente due vicini sottilissimi zampilli d'acqua, le goccioline dell'uno vanno a unirsi con quelle dell'altro (2).

1567. Attribuisce Beccaria all'azione dell'elettricità l'uniforme distribuzione delle gocce sul terreno. Il qual pensiero è avvalorato dalla seguente sperienza di Priestley. Elettrizzava questi una giara armata, entro cui aveva posto precedentemente della limatura di rame; quindi la inclinava alcun poco, tanto da lasciar uscire un po' di siffatta limatura; e questa si distribuiva regolarissimamente sulla superficie che vi stava sottoposta (3).

1568. *Osservazione* 1.ª Se venissero a verificarsi le idee superiormente esposte sull'elettricità negativa de' bassi strati dell'atmosfera, sarebbe facile il dar ragione delle variazioni dell'elettricità durante le pioggie. Si potrebbero ammettere due specie di nubi, le une procedenti dalle regioni elevate dell'atmosfera, e queste elettrizzate in più, e le altre procedenti dal terreno e queste elettrizzate in meno; e attribuire a' movimenti di queste, al loro mescolamento, allo

(1) *Bibl. Britann.* T. XXVII, p. 206, e T. XLIX, pag. 294 e 297. — Pianciani, nel § 27 della *Memoria sulla Grandine* inserita nel vol. LXIII del Giornale Arcadico. Roma, 1835.

(2) Beccaria, *Dell'Elettricismo*, Lettera XV, § 365.

(3) *Ibid.*, § 369, 370 e 371. — Priestley, *Histoire* ec. T. III, p. 288.

scambio delle loro elettricità, tutte le variazioni di segni che noi osserviamo (1).

Procedenti dal terreno sembrano essere i *Cumuli* (T. II, p. 464); perciò io li crederei elettrizzati negativamente, per lo meno insino a che non ricevano elettrico da altre nubi o dall'atmosfera superiore (2); e stimerei che per questa ragione essi facciano diminuire i segni positivi di ciel sereno (§ 1558). Ma ciò non propongo finora che come congettura.

Volta opinava che le nubi potessero divenire elettrizzate in meno coll'evaporare (3). Però, senza addurre altre difficoltà, ciò non s'accorda colle posteriori sperienze di Pouillet, dimostranti che l'evaporazione dell'acqua purissima non cangia lo stato elettrico della parte che rimane ancor liquida (p. 721).

1569. *Osservazione* 2.ª Se le gocce di pioggia e i fiocchi di neve, esplorati cogli apparecchi suggeriti al § 1534, si trovassero il più delle volte dotati di elettricità opposta a quella manifestata dalla totalità dell'atmosfera, riuscirebbe facile a spiegarsi il singolare fatto che la pioggia raccolta su alti fabbricati è più scarsa, a pari ampiezza de' recipienti, di quella raccolta presso terra. Cotali fabbricati si troverebbero per induzione elettrizzati contrariamente all'atmosfera ed omologamente alle gocce ed a' fiocchi cadenti, i quali ne verrebbero respinti e vi cadrebbero in minor copia.

(1) Credeva anche Volta che trovandosi nell'atmosfera più nubi a diversa altezza e diversamente elettrizzate, le superiori sieno piuttosto elettrizzate in più e le inferiori in meno. *Collezione* ec. T. I, Part. II, p. 406 e 407. E Howard ammetteva che durante la pioggia vi sia nell'inferiore atmosfera un generale stato negativo. *Phil. Mag.* di Tilloch, T. XVII, p. 10.

(2) Cavallo, in una osservazione fatta col cervo volante nell'intervallo fra due rovesci di pioggia, seguitando però anche allora a piovere, trovò che l'elettricità positiva manifestata dallo strumento e dipendente al certo dallo stato delle nubi superiori, si cangiò in negativa assai forte all'arrivo di un grande cumulo, e si mantenne tale sino a che il cumulo rimase al di sopra del cervo volante. *Phil. Magazine* di Tilloch, T. XVII, p. 10. — Ma nulla si può conchiudere di sicuro da questo solo esempio.

(3) *Collezione* ec. T. I, Part. II, p. 294.

Dell'elettricità delle nubi temporalesche.

1570. *Nozioni sui Temporali.* Chiamasi *Temporale* quel complesso di fenomeni atmosferici che si palesano in un corpo di nuvoli in alcuna loro parte tonanti (1). I temporali più furiosi sogliono essere accompagnati da grossa e abbondante grandine e da venti vorticosi e impetuosissimi; altri non danno che pioggia e talvolta neve (2); e ve n' ha di quelli che si risolvono in sole apparenze minacciose. Alcuni di essi non si stendono che su d'un piccolo tratto di paese, terminando a poche miglia di distanza dalla loro origine; altri in vece attraversano interi regni con danno incredibile de' paesi percorsi. In generale poi il grande oscuramento dell' atmosfera, lo splendore de' baleni, il guizzare delle folgori, il romore del tuono, l' impeto de' venti, lo strepito della grandine cadente, e i danni che questa va rapidamente producendo nelle campagne, rendono un tale fenomeno uno de' più terribili spettacoli della natura.

Ne' nostri climi i temporali sono più frequenti nelle stagioni calde. A Berlino, secondo le ricerche di Gronau, i temporali osservatisi in 120 anni si trovano distribuiti ne' diversi mesi dell' anno come segue:

Gennajo	14	Luglio	496
Febbrajo	18	Agosto	423
Marzo	26	Settembre	160
Aprile	132	Ottobre	22
Maggio	293	Novembre	12
Giugno	453	Dicembre	13(3).

Nell' Europa vi sono altresì più soggetti i paesi me-

(1) Beccaria, *Dell'Elettricismo*, Lettera X, § 108.
(2) Gehler's *Physik. Wört.* art. *Gewitter*, p. 1581.
(3) *Ibid.*, p. 1584.

ridionali che i settentrionali; e a parità di latitudine più le regioni interne de' continenti e specialmente i luoghi vicini alle montagne che non quelli vicini al mare. La quale seconda circostanza è sì influente che a Copenaghen, situato presso al mare e lungi dalle montagne, i temporali sono assai più rari che a Stockolma, benchè questa sia assai più settentrionale. E così pure essi sono più rari a Marsiglia che a Padova. Ecco il numero de' temporali avutisi in queste quattro città negli anni 1783, 1784, 1785, e 1786, dal maggio all'ottobre inclusivamente.

Marsiglia, latitudine	43°,18′	Temporali . .	35
Padova	45°.24′	" . .	201
Copenaghen	55°.41′	" . .	5
Stockolma	59°.21′	" . .	40 (1)

Nell'alto settentrione sono in vece più frequenti che altrove i temporali d'inverno. Ne avvengono di spesso nella Norvegia occidentale, nell'Islanda e nelle Isole di Feroe, portati comunemente da venti di Nord-Ovest. Sono essi più rapidi e passeggieri degli altri; e in essi il fulmine suole colpire i fabbricati più frequentemente che in quelli d'estate, forse per essere in que' d'inverno più basse le nubi, e per essere allora gli alberi men conduttori dell'elettricità (2). Noi però nelle cose che diremo più innanzi, se non avvertiremo espressamente il contrario, intenderemo di parlare di que' d'estate.

1571. I temporali (e, come s'è detto, intendiamo gli estivi) succedono generalmente dopo il mezzodì; talvolta si protraggono nella notte ed anche molto innanzi; ma sono rarissimi avanti il mezzodì. Sembra che richieggano una grande tranquillità dell'atmosfera e un grande

(1) Gehler's *Wört.*, art. *Gewitter*, p. 1585 e 1586.
(2) *Ibid.*, p. 1587.

innalzamento di temperatura. Ne' tempi ventosi, quantunque caldi, non si sogliono formare; e nota anzi il Beccaria, che, se all' incominciar d' un temporale viene a sorgere un forte vento, esso temporale tostamente si dissipa (1). In generale i temporali sono preceduti da una serie di giornate tranquille e calde, nelle quali la temperatura si va successivamente innalzando, e l'aria si fa gradatamente più soffocante e più torbida. Cominciano allora a formarsi qua e là de' *Cumuli*, i quali però alla sera scompajono per ricomparire maggiori all' indomani. E così per qualche giorno, sinchè alla fine scoppia il temporale, il quale è tanto più violento quanto più ha tardato (2).

1572. Nel formarsi un temporale, cominciano a mostrarsi delle piccole nubi, che crescono rapidamente in forma di *Cumuli*, e divengono in breve altissime e torreggianti; e ciò talvolta in un luogo unico, talvolta in due, tre, ed anche più, unendosi però quindi queste diverse nubi spesse volte insieme (3).

L' accrescimento di cotali nubi succede in più maniere, cioè:

1.° Per materiali ascendenti da terra invisibilmente, i quali giunti a conveniente altezza divengono visibili e aumentano per di sotto la nube già formata, intantochè questa, col dorso rigonfiato e bitorzoluto, va innalzandosi nell' atmosfera.

2.° Per l'unione di nubi laterali e minori, già belle e formate qua e là nell' atmosfera, e accorrenti alla nube principale, per secolei confondersi. Beccaria le chiama *nubi ascitizie;* e, secondo lui, esse si mostrano dapprima tranquille nell' aria e quasi immobili, partecipando soltanto di quel movimento che trasporta l' aria in cui nuotano. Incominciando a tuonare, co-

(1) Beccaria, *Lettere sull' Elettricismo*, Part. II, § 154.
(2) Gehler's *Phys. Wört.*, art. *Gewitter*, p. 1583.
(3) *Ibid.*, p. 1581.

tali nubi minori si pongono in moto, avvicinandosi alla nube principale (1).

3.° Alle volte il nuvolo temporalesco o *Nembo* si accresce in una terza maniera che partecipa di entrambe le precedenti. Si veggono alzarsi da terra, cioè dalle coste delle montagne e talora da' fiumi, delle nubi simili a colonne di fumo, le quali si innalzano sino al nembo e secolui si confondono; e talora ai primi nuvoli seguono i secondi, a questi i terzi, e così altri ed altri. Questi sono da Beccaria appellati *nuvoli ascitizii della terra* (2).

1573. Il nembo, accresciutosi con queste aggiunte di materiale fino ad una grande estensione sì in larghezza che in altezza, se lo si guarda da lontano, mostra di esser formato di due parti di diversa struttura. Inferiormente esso presenta la struttura del *Cumulo*, cioè di una nube densa, a contorni globosi e bitorzoluti, e con una base oscura e piana, però alquanto irregolare. E superiormente ha la struttura di una nube assai rara, senza distinzione di parti illuminate ed ombreggiate, e dalla quale si spandono de' *Cirri* con tessitura fibrosa; la qual parte sembra essere ciò che il Beccaria chiama il *Cappello del Nembo* (3). Queste due maniere di nube stanno congiunte l'una all'altra nelle sole parti più centrali di entrambe, in guisa che guardate dall'esterno presentano frammezzo un'incavatura o un restringimento; e diversi fisici hanno notato che la parte più bassa si muove verso

(1) Beccaria, *Dell'Elettricismo*, Lettera XII, § 197 e seg.

(2) Si può qui notare una formazione di nubi al di sotto della generale inferior superficie de' *Cumuli*. Il che è forse da attribuirsi alla molta umidità di alcune masse d'aria contigue al suolo, e al calore ricevuto precedentemente dal sole.

Per più minute particolarità, tanto su questi nuvoli, come su altri fenomeni de' temporali, si possono consultare le *Lettere sull'Elettricismo* del citato Beccaria, Part. II, § 108 e seg.

(3) *Elettricità terrestre-atmosf.* § 1057.

il luogo del restringimento, laddove la più alta se ne allontana e si diffonde all'intorno (1). Intanto l'intervallo fra le due specie di nubi si vede illuminato di tratto in tratto da vivi lampi. Chi però vi si trova al di sotto osserva solamente un rapido e grande oscuramento cagionato dall'enorme ammucchiamento superiore, ed ode insieme un frequente e continuo romoreggiare di tuono, rimanendo per lo più la folgore sepolta e nascosa nelle densissime nubi sovrapposte.

Il nembo suol terminare inferiormente assai basso, cioè fra i 5000 e i 6000 piedi al di sopra del livello del mare (2), ossia all'altezza di un miglio italiano o poco meno. E anzi, dopo essersi grandemente aumentato, suole scendere ancor più basso, e presentare diverse prominenti convessità verso terra, aventi spesse volte delle sfumature e sfilacciature nelle lor parti più sporgenti (3). Credono anche alcuni di avere osservato un accostamento particolare di una parte di esso nembo verso la terra, allorquando sta per cadere su quest'ultima un fulmine, tornando poscia a rialzarsi subitamente (4).

1574. Così addensatosi il nembo, e non cadendo ancor nulla a terra, s'incominciano a sentire degl'interrotti e irregolari soffii di vento che spingono e sol-

(1) Howard nel *Phil. Magaz.* di Tilloch, T. XVII, p. 10. — *Bibl. Britann.* T. XXVII, p. 192 e 206. — Espy in una memoria inserita nel T. XVII del *Journal of the Franklin Institute*, e stampata altresì a parte a Filadelfia nel 1836, a p. 22 delle copie a parte. — Al movimento convergente delle nubi inferiori sono altresì senza dubbio da riferire i moti delle *nubi ascitizie* osservati da Beccaria (§ 1572).

(2) Gehler's *Phys. Wört.*, art. *Gewitter*, p. 1582.

(3) Beccaria, *Dell'Elettricismo*, Lettera X, § 113.

(4) Gehler's, luogo citato. Potrebbero questi abbassamenti nascere da un'assai forte elettricità, la quale, come ammette Bellani nella sua *Memoria sulla Grandine* (V. più sotto al § 1583) dilatasse e raffreddasse l'aria, e la riducesse in nube, come se essa aria venisse recata in regioni più elevate.

levano dal suolo i corpi leggieri. Cadono quindi delle grosse e rare gocce di acqua, seguite spesse volte da rovesci di grandine, la quale suol essere prenunziata da certe nubi bianchicce tendenti al cenericcio, agitantisi assai velocemente al di sotto dell' oscuro telone universale. Cade questa grandine ad intervalli, e ad ogni colpo di tuono pare che ripigli con maggior forza. Talora vi si accompagna della pioggia impetuosa, la quale spessissimo cade anche sola senza accompagnamento di grandine. Insieme sogliono suscitarsi de' venti violentissimi, irregolari e vorticosi, i quali atterrano gli alberi e ne schiantano i rami. Di poi le nubi prendono a poco a poco un' apparenza uniforme, e cessa il tuono e anche la grandine o la pioggia; quindi esse nubi si aprono e si dividono in parti di figura stracciata, di diversissime grandezze, e sparse irregolarissimamente, mostrandosene però ancora qua e là in lontananza de' mucchii elevatissimi ed estesissimi ne' quali il temporale non è per anche terminato.

1575. I grandi temporali non istanno fermi in quel luogo ove hanno avuto principio, ma si vanno successivamente trasportando in altri ed altri luoghi sino a distanze notabilissime. Osserva Beccaria che nel loro avanzarsi sono preceduti e seguiti da un vento il quale si muove nella medesima loro direzione, da un vento cioè che viene dal luogo del temporale allorquando questo si avvicina, e che va dietro al medesimo dopo che questo è passato (1). Un tale trasporto de' temporali può aver luogo secondo tutte le direzioni; suole però, almeno in Germania, avvenir più frequentemente da Sud Ovest a Nord-Est e nelle direzioni adiacenti che non nelle contrarie (2). E suole operarsi con una grandissima velocità, facendo talvolta oltre a 40 miglia italiane all' ora. Il temporale, p. e., che desolò la Fran-

(1) *Dell' Elettricismo*. Lettera X, § 118.
(2) Gehler's *Phys. Wört.*, art. *Gewitter*, p. 1590.

cia il 13 luglio 1788, attraversandola per una lunghezza di 200 leghe, e movendosi appunto da Sud-Ovest a Nord-Est, aveva una velocità media di 16 ½ leghe, ossia di 40 miglia italiane all'ora (1). Il 14 gennajo 1821 ne passò uno attraverso alla Germania, nella direzione da Nord-Ovest a Sud-Est, cominciando da' Paesi Bassi, pure con una velocità di 40 miglia italiane all'ora. Ed uno sorto nel 1823 nel Virtemberghese si propagò da Ovest ad Est sino in Ungheria, con una velocità di 100 miglia italiane all'ora (2). E questo movimento non pare che provenga da un velocissimo trasportamento delle medesime individue nubi, ma bensì da un successivo suscitamento di una continua serie di temporali lungo una linea ove l'aria è già predisposta alla loro formazione (3). Con ciò non fa più meraviglia come un solo temporale basti a spargere de' diluvii d'acqua e della copiosissima grandine sopra lunghissime striscie della superficie terrestre.

1576. Cessato un temporale, suole alle volte tornarne un altro nel medesimo giorno. Appena passata un'ora dopo il già citato fierissimo temporale grandinoso del 13 luglio 1788, ne venne un secondo con abbondante pioggia e con forti tuoni, de' quali non se n'erano uditi nel primo, forse per lo strepito della grandine (4). Il signor Th. Forster, descrivendo un temporale da lui osservato ne' dintorni di Londra il 19 aprile 1811, nota che dopo sostato esso temporale, rimase ancora nel cielo uno strato continuo di nubi (forse il *cappello del nembo*), sotto a cui si videro a comparire di nuovo i cumuli, altri in fiocchi laceri, altri in grandi masse ben

(1) Pouillet, *Élémens* ec. T. II, p. 841. Edit. 1827.

(2) Gehler's *Phys. Wört.*, art. *Gewitter*, p. 1596.

(3) Così pensa anche Pianciani. V. al § 38 della sua memoria sulla grandine, già citata in una nota al § 1566.

(4) *Memorie dell'Accad. di Parigi*, anno 1789, p. 630.

terminate: si unirono questi allo strato superiore, e il temporale ricominciò (1). « Talora (dice il Becca-
« ria) si vede sollevarsi dalla costa di certe monta-
« gne alcune verghe di piccioli nuvoli fumosi, le quali
« appena giungono a certa altezza, tostamente tutto
« il cielo si ingombra di un ampio nuvolo; piove,
« fulmina, tuona, e in brev'ora ricompare il cielo se-
« reno, limpidissimo. Ma anche ritornano presto a
« comparire simili verghe, il cielo di bel nuovo ve-
« locissimamente si annuvola, senza poter divisare
« donde sia tratta la materia de' nuvoli folti e improv-
« visi; e presto, dopo i folti rovesci, il cielo si ras-
« serena (2). »

1577. Talvolta in certe località tornano i temporali a riprodursi per più giorni di seguito, alla medesima ora; nè cessa la disposizione a un tale rinnovamento in sino a che alla fine non viene a cadere o della grandine o un rovescio maggiore di pioggia, seguíto dopo qualche tempo da un vento secco e freddo. Questo rinnovamento, fatto conoscere primieramente da Volta, si osserva, secondo lui, spessissime volte ne' luoghi montuosi della Brianza, del Lago Maggiore, del Lago di Como, ec.; e venne confermato dal ch. prof. Configliachi, il quale vide in una valletta vicina al lago di Como rinnovarsi un temporale per ben 14 volte consecutive: sorgevano da essa valletta alcune nubi sull'ora del mezzodì, e dopo ingrossate di volume, e dopo qualche tuonata e qualche poco di pioggia, tornavano di nuovo a scomparire; finalmente un temporale più forte, seguíto da impetuoso vento, diè termine a questi ritorni (3). E una tale osservazione la confermò altresì il dottor Günther nelle regioni montuose del Reno (4). Questa disposizione alla riprodu-

(1) *Bibl. Britann.* T. L, p. 37.
(2) *Dell'Elettricismo*, Lettera X, § 110.
(3) Volta, *Collezione* ec. T. I, Part. II, p. 489 e seg.
(4) Gehler's *Phys. Wört.*, art. *Gewitter*, p. 1595.

zion de' temporali, quantunque paja propria specialmente de' luoghi montuosi, non sembra però legata a particolari località; poichè spesse volte, cessata una catena di temporali in una valle, ne ricomincia dopo alcuni giorni un'altra in qualche valle vicina. A me pare poi di ravvisare ne' piccoli temporali precursori dell'ultimo e maggior degli altri, una relazione con quei cumuli che sogliono mostrarsi più giorni di seguito nelle pianure, avanti che crescano a segno da formare un vero temporale.

Io vidi più volte, dimorando nella Valle d'Ossola, durare per parecchi giorni un tempo piovoso; e in fine venire una pioggia maggiore dell'ordinario, accompagnata a modo di temporale da fulmini e tuoni, e con essa aver termine il tempo piovoso, e in certo modo risanarsi l'atmosfera.

1578. *Pensieri sulla causa de' temporali.* La causa primaria della formazione delle nubi temporalesche è senza dubbio il calor solare, il quale innalza la temperatura dei più bassi strati dell'atmosfera, e altresì ne accresce l'umidità assoluta, disponendoli con ciò a recarsi a grande altezza e a convertirsi in nubi. Del che fan prova i paesi, le stagioni dell'anno e le ore della giornata, ne' quali avvengono più frequentemente i temporali. Questo calore però non può ottenere il suo effetto se non dopo diversi giorni di azione. Ed ecco in qual modo egli opera, secondo le idee già toccate nel secondo volume di questo Corso, a p. 463 e seg. L'aria scaldata dal suolo, col calore che questo ha ricevuto dai raggi solari, non giunge ne' primi giorni che a piccola altezza, ove arrivata si dispone in istrati orizzontali al di sopra di quelle parti dell'atmosfera che sotto pari pressione sono più pesanti, e al di sotto di quelle che a parità di pressione sono più leggiere. Ma dall'un giorno all'altro le nuove colonne che sorgono dal terreno si portano a luoghi gradatamente più elevati, e in fine salgono in sino a che il raffreddamento prodotto dalla dilatazione le riduce in nubi, nel quale stato vengono ajutate ad alzarsi anche dal calorico che si sviluppa nella condensazione del vapore (T. II, p. 468).

Dapprincipio però queste nubi, appartenenti alla specie de' *Cumuli*, non sogliono alzarsi gran fatto; e alla sera, raffreddandosi per irradiazione, scendono a regioni più basse, ove pel calore prodotto dalla condensazione si riducono di nuovo allo stato di aria trasparente; nel quale stato scendono forse ancora, ma non saprei fin dove. All' indomani, venendo il suolo a scaldarsi maggiormente, i cumuli salgono più alto, ma alla sera scompajono ancora. E così per più giorni, nel corso de' quali, a favorire l'alzamento e l'accrescimento di cotali cumuli, può sopravvenire il calore sviluppato dall'agghiacciamento del vapor visibile. In fine succede nell' aria una specie di rottura di un equilibrio instabile, come allorquando un alto cilindro posato verticalmente sul terreno viene smosso dalla posizione verticale con urti gradatamente più forti e in fine rovesciato. Le colonne cioè dell'aria ascendente, le quali dapprima dopo salite a un certo punto si arrestavano, ora in vece vengono ad acquistare maggior forza ascensiva a proporzione che più si elevano; perocchè l'alzamento delle prime masse aeriformi determina l'accorrimento e l'innalzamento di altra aria inferiore, la quale convertendosi anch'essa in nube, e quindi in nube agghiacciata, viene a farsi più leggiera degli strati d'aria frammezzo ai quali si trasporta, e forma coll' aria salita precedentemente una colonna dotata di forza ascensiva sempre più grande. Succede in cotal modo che una grande massa d'aria appartenente alle basse regioni dell'atmosfera accorre successivamente al luogo dell' alzamento, e ivi si solleva rapidamente fino a grandissima altezza: alla fine però si ferma e si distende orizzontalmente, non potendo salir più alto, attesa la maggior leggierezza dell'aria sovrapposta. E così è formato il Nembo.

Io riguardo pertanto i temporali siccome un capovolgimento di una parte dell'atmosfera, il quale si effettui allorquando gli strati inferiori di essa sono divenuti abbastanza caldi, perchè coll' ajuto altresì del calore prodotto dal passaggio del vapore invisibile allo stato liquido e al solido, l' aria di essi strati riesca a parità di pressione più leggiera dell' aria superiore. Si trasporta allora quest' aria inferiore in un luogo assai più elevato, spogliandosi in un tale passaggio di una gran parte del vapore

acqueo ch' ella contiene; e l' aria superiore assai più secca scende a posarsi sulla superficie del suolo. Cotale aria secca poi, determinando una abbondante evaporazione, fa raffreddare la detta superficie del suolo, e pel contatto con questa si raffredda essa medesima, e se ne hanno quelle correnti fredde e secche che avvengono qualche ora dopo un temporale anche non accompagnato da grandine (1).

1579. Queste idee, già da me esposte nel secondo volume del presente Corso di Fisica e fatte servire a dar ragione dell' ingrossamento de' pezzi di grandine, le ho vedute ultimamente abbracciate dal prof. Espy di Filadelfia, il quale addusse in prova molti altri fatti che io arrecherò qui brevemente (2). Tralasciando di ricordare lo straordinario ingrossamento de' pezzi di grandine di cui aveva già parlato anch' io, citerò fra essi fatti:

1.° Il fenomeno delle trombe di terra e di mare; la cui più soddisfacente spiegazione par quella di attribuirle a un vorticoso innalzamento d' aria riscaldata, la quale dopo essere prima rimasta stazionaria alcun tempo presso al suolo, accorra quindi da tutte le bande a quel luogo dove per qualche circostanza ella ha incominciato ad innalzarsi. Avvalora questa spiegazione il vedere cotali trombe precedute da un tempo calmo, e il vedere spesso sorger con esse de' venti spiranti verso il luogo ove elle si manifestano. Di questi venti ve n' hanno esempii ne' tomi V e VI dell' *Edinburgh Philosophical Journal;* e io addurrò quello, citato da Franklin, di tre navi fermate in mare da una calma, alla distanza di una lega l' una dall' altra a modo di triangolo, e le cui vele si gonfiarono ed esse navi si

(1) Howard, *Bibl. Britann.* T. XLIX, p. 287.

(2) Io credeva sul principio di non essere stato prevenuto in queste idee sui temporali e sulla grandine che da alcuni scarsi cenni di Humbold. Ma ho trovato di poi aver pensato similmente molti anni prima il ginevrino Du Carla, seguito quindi da L. De Buch (*Mem. dell' Accad. di Berlino*, per gli anni 1814 e 1815, Classe Fisica, p. 73 e 84). Dopo di me vennero cotali idee adottate da uno de' concorrenti al premio proposto in Francia per la spiegazione della grandine (*Institut*, 10 dicembre, 1834, p. 402); e più recentemente dal citato prof. Espy nella memoria menzionata nella prima nota della p. 737.

avvicinarono al comparire in mezzo a loro una tromba. Noterò eziandio che con questa spiegazione riescono naturalissime le molte rassomiglianze che hanno esse trombe coi temporali, delle quali rassomiglianze ne raccolse parecchie il P. Pianciani (1).

2.° La propagazione retrograda di molti venti. La avvertì primieramente Franklin nell'America Settentrionale per riguardo ai venti spiranti da Nord-Est, i quali incominciano a manifestarsi ne' paesi di Sud-Ovest e si propagano gradatamente a quelli di Nord-Est. Spiega esso Franklin il fenomeno ammettendo che nelle regioni di Sud-Ovest si innalzino delle grandi colonne d'aria riscaldata, in virtù della qual salita venga chiamata a cotali regioni dell'altra aria dalle circostanti basse parti dell'atmosfera (2).

3.° Lo spirare talora per molto tempo il vento da bande opposte verso un medesimo luogo (3).

4.° Il cadere talvolta tutta di seguito in un medesimo luogo una quantità di pioggia assai maggiore di quella che può essere contenuta nella sovrastante porzione di atmosfera. A Joyeuse, il 9 ottobre 1827, ne caddero 29 pollici e 3 linee (di Parigi) in 22 ore (4).

Ma basteranno per ora questi cenni: forse in altro tempo io mi occuperò di ciò più a lungo.

1580. Ecco poi in qual modo io spiego la rapida propagazione de' grandi temporali (§ 1575). Io suppongo che prima del fenomeno un tratto assai grande di atmosfera si trovi in una disposizione prossima a quello scambio d'aria che ho detto poc'anzi. Qualche circostanza particolare determina in

(1) Franklin, *Oeuvres*, T. II, p. 25. — De Maistre, *Bibl. Univ.*, 1832, novem., p. 226. — Espy, memoria cit., p. 7 e seg. delle copie a parte. — Pianciani, *Istit. Fis. Chim.* T. III, p. 552. — Idem, *Memoria sulla Grandine*, nel T. LXIII del *Giornale Arcadico*, § 28.

(2) Franklin, *Oeuvres*, T. II, p. 78. — Pouillet, *Élémens de Phys.* T. II, p. 718, ediz. 1827. — Bache in una memorietta inserita recentemente nel *Journal of the Franklin Institute*, nella quale si stabilisce l'epoca della prima osservazione di Franklin. — Espy, memoria citata, p. 21.

(3) Espy, *ibid.*

(4) *Ibid.*, p. 19. — *Ann. Chim. Phys.* T. XXXVI, p. 414.

qualche luogo l'innalzamento dell'aria inferiore; la colonna d'aria che s'alza la prima trascina seco all'alto una colonna contigua, la quale elevatasi alcun poco con questo ajuto, si solleva poscia per propria forza in conseguenza della precipitazione e dell'agghiacciamento del vapore; questa seconda colonna ne fa innalzare una terza, e così in sino a che l'innalzamento siasi effettuato in tutto quel tratto di atmosfera che aveva quella predisposizione.

1581. Nel grande temporale avvenuto in Francia il 13 luglio 1788, vennero colpite dalla grandine due lunghissime strisce parallele dirette da Sud-Ovest a Nord-Est, della media larghezza l'una di leghe 2 1/4 e l'altra di 4 leghe, frammezzate da una striscia della media larghezza di leghe 5 1/4 nella quale non si ebbe che pioggia. L'aria si alzò probabilmente sopra la striscia di mezzo lasciata intatta, e la grandine formatasi venne trasportata e rovesciata ai due lati nel distendersi orizzontalmente dell'aria sollevata (*). L'innalzamento poi dovette essere grandissimo, essendosi oscurato il cielo in un modo inusitato.

1582. *Dell'influenza dell'elettricità ne' Temporali.*

1.° Io stimo che le nubi salite dal suolo rechino seco l'elettricità negativa di cui io suppongo dotata la parte più bassa dell'atmosfera. Arrivate poi a grandissima altezza, e però in vicinanza degli strati aerei elettrizzati in più, attirano esse e ricevono da questi del fluido elettrico accompagnato da qualche lampo, conducendolo assai basso e facendogli rendere elettrizzata in più una gran parte del nembo; la discesa però sino al suolo può essere impedita dalla maggior facoltà coibente che ha l'aria più bassa. Mentre poi discende cotale elettrico nelle parti inferiori della nube, il terreno sottoposto si elettrizza contrariamente per induzione, ajutando con ciò la discesa di altro elettrico. E giunte le due contrarie cariche ad un segno abbastanza forte, l'elettrico si scaglia a modo di fulmine sulla superficie terrestre.

L'elettrico che ha invaso le parti inferiori del nembo attrae a questo le nubi minori che si trovano lateralmente e quelle che ascendono dal di sotto, non avendo nè le

(*) Espy, Memoria citata, p. 6.

une nè le altre ricevuto di questa elettricità, anzi essendo probabilmente elettrizzate in meno, mentre l'aria ove nuotano o non ha di siffatta elettricità negativa o ne ha in grado assai minore. E ciò, combinato probabilmente colle cause idrostatiche, spiega l'avvicinamento di queste nubi minori dopo incominciati i lampi, secondo l'osservazione del Beccaria (§ 1572).

1583. 2.° Nel serpeggiare l'elettrico per entro al nembo, e nel ridurne elettrizzate in più qua e là molte parti, frammezzo a molte altre che rimangono elettrizzate in meno, si producono probabilmente molti movimenti intestini atti a determinare l'unione di un gran numero delle minime masse acquose e gelate costituenti il vapor visibile, e a dare con ciò incominciamento alle gocce di pioggia e a' fiocchi di neve: questi poi crescendo successivamente per l'aggiunta di altre parti di vapor visibile colle quali si incontrano durante la loro discesa in mezzo all'aria ascendente, e in alcuni casi rimanendo o divenendo liquidi, e in altri casi rimanendo agghiacciati ovvero gelando, vengono a formare le grosse gocce di pioggia, i pezzi di grandine e i più voluminosi fiocchi di neve. Come possano poi i pezzi di grandine rimaner sospesi nell'aria per molto tempo e accrescersi fino a grandezze maravigliose, n'abbiamo già fatto cenno nel T. II, a p. 470 (1).

Il ch. canonico Bellani crede che l'elettricità dilatando grandemente le nubi le raffreddi fortemente e con ciò contribuisca alla formazione della grandine (2).

(1) Pianciani attribuisce a questi movimenti non solo la prima origine, ma anche il successivo accrescimento de' pezzi di grandine (*Memoria sulla Grandine*, § 29 e seg.). A me però non sembra che si possa conceder tanto alle azioni elettriche.

(2) *Opuscoli matematici e fisici*, T. II, p. 85 e 203. Milano, 1834, presso P. E. Giusti. Quantunque per ora io m'attenga più volentieri all'altra già accennata ipotesi, non trovo però affatto improbabile quella di questo egregio fisico; e confesso che si aggiungerà ad essa una validissima ragione se verrà assicurato il fatto che la grandine può generarsi in nuvole non molto elevate da terra. Indipendentemente poi dalla spiegazione del fenomeno, è questa una memoria pregevolissima anche per molti importanti fatti che vi si fanno conoscere.

Volta assegnava all' elettricità una parte ancor più importante nella formazione della grandine: credeva cioè che i grani venissero rimbalzati per molto tempo fra due nubi contrariamente elettrizzate, e con ciò si andassero ingrossando (1). Ma la sua spiegazione è stata combattuta da molti lati con ragioni fortissime (2).

1584. *Vicende dell'Elettricità temporalesca.* Durante i temporali l'azione dell' elettricità sugli stromenti è vivissima e variabilissima; di che è evidente cagione il predominar che fanno ora le nubi elettrizzate in più ed ora quelle in meno. Non si sa però ancora assegnare nessuna precisa relazione fra lo stato delle nubi e la specie dell' elettricità. Ritenendo le idee esposte al § 1568, possono delle nubi salite dal suolo conservare sino a grandissima altezza l'elettricità negativa che avevano prima d'innalzarsi, e possono delle nubi assai basse aver ricevuto dell'elettricità positiva dall'alto. La quale incertezza, aggiunta ai moltiplici e rapidi movimenti delle dette nubi, occultati spessissime volte dalle nubi più basse, fa sì che le indicazioni degli elettrometri sieno affatto indeterminate.

Ecco nulladimeno un'osservazione di Howard, nella quale l'elettricità temporalesca mostrò una certa regolarità (3). Eravi nell' atmosfera un nembo di assai semplice struttura, il quale veniva da Nord-Est verso l'osservatore, lasciando cadere una copiosa e folta grandine, mentre nelle altre parti l'aria si mostrava trasparente. Durante un tale ravvicinamento non si ebbero segni elettrici da una spranga frankliniana in sino a che il contorno del cappello del nembo non arrivò allo zenith dell' osservatore. In questo momento, e mentre il cadere della grandine era ancora a tre miglia di distanza, si cominciarono ad avere de' segni di

(1) *Collezione* ec. T. I, Part. II, p. 355.
(2) Bellani, nel *Giornale di Fis. di Pavia*, 1817, p. 362 e seg.
(3) *Bibl. Britann.* T. L, p. 30.

elettricità negativa, i quali crebbero sino a dare delle buone scintille ai corpi accostati all'inferiore estremità della spranga. Avvicinatosi il temporale ancor più, i segni negativi diminuirono sino a cessare del tutto. All'arrivare della grandine, la quale era mista a qualche goccia di pioggia, l'elettricità si cangiò in positiva, e si aumentò sino a divenire più forte della negativa precedente; e si mantenne tale durante tutto il tempo del passaggio della grandine sopra l'apparecchio; e si dissipò per gradi all'allontanarsi di nuovo di essa grandine. Si ebbe quindi nuovamente elettricità negativa, la quale, dopo cresciuta ad una grande intensione, tornò ad indebolirsi. Finalmente allontanandosi il temporale dalla banda di Sud-Ovest si ebbe una leggiera elettricità positiva. Per ispiegare queste variazioni suppone Howard che la grandine cadente formasse una colonna elettrizzata in più, d'un diametro da sei a sette miglia inglesi; e che questa colonna fosse circondata tutto all'intorno da un inviluppo cilindrico della grossezza di circa tre miglia, ove prevalesse l'azione dell'elettricità negativa. L'elettricità positiva centrale viene attribuita anche da Howard a una discesa dell'ordinaria elettricità delle alte regioni dell'atmosfera, la quale venisse giù condotta pel nembo.

1585. *Della Folgore, del Lampo e del Tuono.* Sono questi i fenomeni co' quali si manifestano le scariche elettriche che avvengono nell'atmosfera durante i temporali.

Chiamasi *Folgore* o *Saetta* una stretta, tortuosa e lucentissima lista che attraversa istantaneamente un grande tratto di atmosfera, e che è sempre seguita da un lungo romoreggiamento appellato *Tuono;* e viene anche chiamata col nome di *Fulmine* allorquando colpisce qualche corpo terrestre (*). Differisce dal *Lampo*

(*) Beccaria, *Dell'Elettricismo,* Lettera X, p. 119 e 132.

o *Baleno*, per essere questo un ampio chiarore che illumina in silenzio e uniformemente le nubi e gli oggetti terrestri.

Della Folgore. La folgore o saetta non è altro che una enorme scintilla con cui una grandissima copia d'elettrico trapassa o da una nube ad un'altra, o da una nube al terreno, o dal terreno a una nube. Che ciò sia, se n'hanno moltissime prove; e fra esse:

1.° Lo stato delle nubi: queste durante i temporali manifestano de' fortissimi segni di elettricità ora positiva ed ora negativa, e si mostrano perciò capaci di dare e di ricevere siffatte grandi scintille; e ad ogni folgore il loro stato elettrico soffre un brusco cangiamento, mostrando aver esse in quell'atto o perduto o acquistato una grande quantità di fluido elettrico (1);

2.° Le apparenze della folgore medesima: vale a dire la qualità della sua luce; la forma tortuosa ed angolosa, affatto simile a quella della scintilla; la grandissima velocità; lo scagliarsi di essa sui luoghi più eminenti e su quelli che possono dare più facile passaggio all'elettrico;

3.° Gli effetti di essa: vale a dire la fusione e il disperdimento de' metalli; la magnetizzazione del ferro; lo spezzamento de' corpi conduttori; la combustione di molti corpi combustibili; l'uccisione degli animali, e le forti commozioni date a quelli che non sono colpiti a morte; l'insopportabile odore sulfureo che essa folgore lascia: i quali effetti tutti, dal piccolo al grande, si sogliono ottenere anche coll'elettricità de' nostri apparecchi (2).

1586. Si ritiene adunque dai fisici che la folgore si abbia:

(1) Beccaria, *Dell'Elettricismo*, Lettera X, § 131 e 132.

(2) Franklin, *Oeuvres*. T. I, p. 185. Paris, 1773. — Landriani, *Dell'utilità de' Conduttori elettrici*, p. 10 e seg.

1.° Allorquando si trovano in presenza l'una dell'altra due nubi contrariamente elettrizzate: nel qual caso la nube elettrizzata in più, quando sia sufficientemente carica, scaglia una scintilla verso quella elettrizzata in meno; e si ha allora una folgore fra *nube e nube;* della quale specie ne succedono moltissime ne' temporali, specialmente avanti il cadere della grandine.

2.° Allorquando a poca distanza dalla superficie terrestre vi ha una nube fortemente elettrizzata in più; nel qual caso scagliasi da essa una grande quantità d'elettrico verso il terreno elettrizzato negativamente per induzione, e si ha un fulmine *discendente.*

3.° Allorquando sovrasta al suolo una nube elettrizzata fortemente in meno: questa determina uno stato positivo nel suolo medesimo e specialmente nei corpi più prominenti, dai quali in fine può l'elettrico scagliarsi verso la nube, formando un fulmine *ascendente*; il che credesi da molti fisici che avvenga molte volte.

In tutti questi casi poi il movimento dell'elettricità può incominciare tanto per *emissione* dalla parte elettrizzata in più, quanto per *assorbimento* dalla parte elettrizzata in meno, secondo che arriva più presto l'elettricità dell'una parte o quella dell'altra alla necessaria intensità (§ 1356).

1587. Quando la folgore si scaglia fra le nubi e la terra, cioè quando ella è un vero fulmine, ella viene talvolta preceduta da un fischio come di vento, il quale fischio si fa sentire alla sommità degli alberi e degli altri corpi acuminati. Il dottor Wallis dice esser ciò avvenuto in una serie di più fulmini, in ciascun de' quali lo scoppio era preceduto da un grande fischio negli alberi appunto come di vento (1).

Sembra che un tale fischio provenga da un assor-

(1) Beccaria, *Dell'Elettricismo*, Lettera XIV, § 257. — *Phil. Trans.*, 1798, p. 8.

bimento o da un'emissione d'elettrico dai corpi terrestri molto prominenti, il quale assorbimento od emissione incominci lentamente, ma quindi, divenendo l'aria più conduttrice, si renda più celere, e si cangi in folgore. Questa spiegazione vien confermata da una sperienza di Beccaria, nella quale, facendo passare la scarica di qualche capace coibente armato attraverso a una materia poco conduttrice, qual sarebbe un ossido metallico chiuso in un cannellino di vetro, se l'elettrico non riusciva a vincere istantaneamente la resistenza, ne cominciava a passare una parte mediante un fischio, il quale cresceva e tosto ne seguitava la scintilla (*).

1588. Lo splendore della folgore ha talora una durata brevissima, balenando agli occhi per un istante, e nell'istante medesimo scomparendo. Talora in vece esso dura per un tempo sensibile, non arrivando però forse mai ad un intero secondo; nella quale durata di tempo non suole uscire dalla sua via primitiva, seppure non salta ad una affatto differente. Questa durata può qualche volta essere un'illusione prodotta dalla permanenza della sensazione; ma, per lo meno in moltissimi casi, ella nasce da una rapida ripetizione della folgore medesima.

Questa ripetizione riesce talvolta affatto palese, senza bisogno di verun artificio, veggendosi un rinnovamento di luce più volte ripetuto nella stessissima striscia, a guisa di parecchie folgori che si seguano l'una l'altra nello stesso cammino. Talvolta la ripetizione è men visibile all'occhio, ma ne' temporali notturni si può agevolmente rendere sensibile col seguente artificio dovuto a Dove. Si piglia una ruota di carta nera ove sia lasciato un raggio bianco, e la si fa girare velocemente in una camera oscura in faccia a una finestra, stando l'osservatore colla schiena rivolta verso il tem-

(*) *Dell'Elettricismo*, Lettera XIV, § 255.

porale. E ad ogni folgore o lampo si veggono illuminate parecchie immagini del raggio lasciato bianco, alcune più vivaci ed altre più deboli, ma tutte a contorno deciso e niente sfumato; donde si manifesta e la ripetizione di più splendori parziali e la brevissima durata di ciascuno (*).

Pajono provenire queste ripetizioni da imperfetta conducibilità di uno de' corpi attraversati dall'elettrico. Per esempio, può il terreno essere incapace di dissipare in un istante tutto l'elettrico che la folgore tende a comunicargli: allora, dopo discesa una porzione di questo elettrico, si forma un momentaneo equilibrio, e la corrente si sofferma, lasciando che l'elettrico già disceso si dissipi; dopo di che la corrente ricomincia, percorrendo ancora nell'aria il medesimo sentiero, mantenutosi conduttore a cagione forse di una porzione d'elettrico che ha continuato a trascorrervi meno visibilmente. E questa sospensione e questo ripigliamento possono replicarsi più volte, a somiglianza delle scintille suddivise (§ 1110), sempre però ad intervalli brevissimi, tanto da non arrivare fra tutti alla durata di un secondo. E ciò si può applicare anche ai fulmini ascendenti, allorquando il terreno non possa somministrare in un istante tutto l'elettrico che la nube attrae. Ne' lampi, ove si osserva pure spessissimo una tale ripetizione, la causa non istà più nel terreno, ma nell'atmosfera.

1589. La lunghezza della folgore è spesse volte di parecchie miglia, come pare potersi dedurre dalla durata del tuono; su di che parleremo più sotto. E viene percorsa tutta quanta in un tempo estremamente breve, cioè, secondo le sperienze di Wheatstone, in una piccolissima frazione di minuto secondo (§ 1374); e

(*) *Annali* di Poggendorff, 1835, N°. 6, p. 379. — Ho variata alquanto la descrizione dello strumento, coll'intenzione di renderlo più comodo.

qui intendo parlare, non già della durata della luce, ma del suo progredimento. A dire il vero, alcune persone assicurano che coll'occhio esse distinguono nelle folgori un vero moto di progressione da un luogo ad un altro. Ma io stimo questa un'illusione simile a quella per cui le scintille degli ordinarii conduttori pajono partire da un punto e andare ad un altro, mentre è certo che lo spazio da esse percorso risplende tutto contemporaneamente (p. 564 e 579).

1590. La via della folgore è estremamente tortuosa ed irregolare, specialmente quando ella scorre in mezzo all'aria trasparente (*), e la sua figura appartiene a quelle linee che i geometri dicono a *doppia curvatura*; ma non potendo l'occhio conoscere dove ella si avvicini all'occhio e dove se ne allontani, noi non possiamo farcene idea esatta. La causa di questa tortuosità non è ben chiara: potrebbe dipendere dal preferire l'elettrico quelle parti dell'aria che sono più conduttrici, e che forse sono disposte in una linea capricciosa; e potrebbe nascere dal condensare egli l'aria dinanzi a sè, e dal trovare quindi ostacolo a continuare innanzi nella medesima direzione (§ 1365).

1591. Talvolta la folgore si divide in più rami distinti, sì in mezzo alle nuvole, come allorquando ella cade sui corpi terrestri. Riguardo al che il Beccaria fa un'importante riflessione. « Non posso a meno « (dic' egli) di ammirare la singolare franchezza con « che alcuni osservatori de' fulmini successivamente « conducono un fulmine stesso per mille andirivieni, « e quasi che si prendono piacere di farlo a bell'agio « e tranquillamente visitare e gli appartamenti ed i ri- « postigli delle loro case, mostrando ove discese, ove « piegò, ove risalì, ove rientrò, ove si smarrì; imper- « ciocchè vedo assai chiaramente essere i diversi rami « di uno stesso fulmine scompartitosi .... che hanno

(*) Beccaria, *Elettricismo artificiale*, § 558.

« in istante colpiti tutti i diversi oggetti, a' quali vor-
« rebbono essi per mille tortuose e irregolarissime gi-
« ravolte successivamente strascinare l'unico indiviso
« fulmine (*). » Io dubito poi altresì che i suddetti diversi rami non sieno talvolta che cangiamenti di cammino nelle successive ripetizioni del fulmine, il quale, dopo che l'elettrico, supposto discendente, viene a trovarsi accumulato e ringorgato in qualche luogo del terreno, si diriga a qualche altro luogo.

1592. La grossezza assoluta della folgore si potrebbe argomentare dalla grossezza apparente confrontata colla sua distanza, deducendo questa dal tempo impiegato dal tuono nel venire a noi. Se questa grossezza apparente fosse, p. e., uguale a $^1/_4$ del diametro della luna o del sole, il qual diametro, supposto di mezzo grado, corrisponde a circa $^1/_{114}$ della loro rispettiva distanza, sarebbe la detta grossezza assoluta della folgore uguale a circa $^1/_{460}$ della distanza di essa. Ma questo computo può essere agevolmente alterato da illusioni ottiche. Quantunque poi se ne vegga da noi soltanto la larghezza, è da credere che la saetta non sia fatta a modo di nastro, ma che abbia la stessa grossezza per tutti i versi. Vedi a p. 579.

1593. Perchè l'elettrico della folgore cammina raccolto in un sottile sentiero, senza espandersi in un largo torrente a contorno sfumato? Al certo perchè la via dove l'elettrico ha incominciato a camminare, si trova incomparabilmente più conduttrice che le circostanti parti dell'aria, come s'è detto in più luoghi.

1594. Il fulmine, come si è già accennato, cade sui luoghi più prominenti e più conduttori, a perfetta imitazione delle ordinarie scintille elettriche; cioè, a comprender tutto, esso si apre la via per *una serie di corpi, la somma de' quali forma il sentiero più agevole a percorrersi, e sempre scorre per un sentiero di tal con-*

(*) *Dell'Elettricismo*, Lettera XIV, § 275.

dizione (1). A pari eminenza sceglie i corpi più ampii e più deferenti, cioè quelli che hanno maggiore *attitudine* a condurre l'elettrico; e a parità di questa attitudine suol colpire i più eminenti, i quali accorciano la via ch'ei dee percorrere nell'aria. Suol quindi colpire le cime delle montagne, le torri più elevate, i campanili, le chiese, gli alberi delle navi, i torrini de' cammini; le piante più alte; e all'opposto ne vanno assai sicure le case più basse, le umili capanne, le caverne, i sotterranei (2). Le case fabbricate in luoghi umidi vi sono più esposte che quelle costruite in luoghi secchi, quand' anche queste ultime sieno più elevate (3). In prova di siffatte leggi arreca il Beccaria diversi esempii i quali possono leggersi nelle sue lettere sull' Elettricismo (4).

1595. Il fulmine preferisce sopra tutto i metalli, e dopo questi i corpi umidi. Cadendo negli edificii, ama a preferenza di tragittare pe' canali metallici, pe' fili metallici, pe' chiodi, per le dorature ec.; e in mancanza di metalli s'appiglia, se ve ne sono, ai corpi umidi, e in ispecie ai corpi umani e alle parti umide di questi. Racconta Franklin che a Newbury nella nuova Inghilterra un fulmine mise in pezzi una piramide di legno alta 70 piedi che ricopriva un campanile; si propagò quindi lungo un filo di ferro grosso quanto un ago da calzette, il quale era annesso al martello della campana e comunicava con un orologio situato 20 piedi sotto al piano delle campane: questo filo di ferro venne disperso in fumo ad eccezione delle estremità; e la torre, giusta tutta la lunghezza di un tal filo, non sofferse alcun danno. Sotto la estremità di questo filo la torre era sommamente

(1) Beccaria, *Dell'Elettricismo*, Lettera XIV, § 254 e seg.
(2) Landriani, *Dell'utilità de' Conduttori* ec., p. 13.
(3) *Ibid.*, p. 108.
(4) Lettera XIV, § 261 e seg.

danneggiata; e ne' fondamenti erano state svelte alcune pietre e scagliate via alla distanza di 20 in 30 piedi (1). Altre descrizioni di fulmini comprovanti la stessa legge si possono vedere nelle opere del medesimo Franklin (2).

Il cavaliere Landriani descrive gli effetti di un fulmine caduto nel 1783 in Milano nella casa Dugnani alla Cavalchina presso Porta Nuova. Il fulmine colpì la parte più elevata della fabbrica, che era una croce metallica a cui stavano in comunicazione diverse parti metalliche sottoposte, seguite, dopo diverse interruzioni, da altre parti metalliche sino al terreno. Ora il fulmine non fece alcun danno per tutto il tratto in cui si ebbe continuazione di metalli, e ne fe' soltanto dove questi erano interrotti; sul fine appigliatosi a una ringhiera, venne da essa condotto fin verso terra, ruppe ivi un gradino di pietra, e si aperse un passaggio nel terreno sottoposto ove fece un ampio foro; e quivi un domestico che si trovava in poca distanza, vide un grosso globo di fuoco che si moveva con moto vorticoso e che pareva volesse trivellare il terreno (il fulmine avrà avute alcune rapide ripetizioni quali abbiam vedute poc' anzi, e negli intervalli di queste la corrente non del tutto cessata sarà stata visibile all' entrare nel terreno) (3). Se vi fosse stata dappertutto continuazione di metalli i quali fossero scesi sino al terreno umido, non vi sarebbe stato danno veruno (4).

1596. Questo fatto si è descritto come se il ful-

(1) Franklin, *Oeuvres*, p. 150. — Beccaria, *Dell' Elettricismo*, Lettera XIV, § 267.

(2) T. I, p. 168, 210, 226, 233, 235.

(3) Altri esempii di fuochi alla superficie del suolo in occasione di fulmini, sono stati raccolti da Maffei nel suo *Trattato della formazione de' fulmini*, e possono vedersi citati nelle *Memorie dell' Accademia di Parigi* pel 1764, p. 448 e 449.

(4) *Dell' utilità de' Conduttori elettrici*, p. 54.

mine fosse venuto dall'alto. E ciò è quello che si suol communemente fare nelle descrizioni delle cadute di fulmini, parendo più naturale il far venire la materia fulminea dalle nubi. Può però in molti casi esser l'opposto; può cioè il fulmine salir dal suolo alle nubi, senza che nè la strada tenuta nè i danni arrecati possano far conoscere quale delle due direzioni abbia avuto luogo. Infatti quella via, che è la più agevole ai fulmini discendenti, è tale eziandio a quelli ascendenti, e anche questi possono mostrare inferiormente le medesime ramificazioni, colpire i medesimi luoghi, lanciare i corpi nelle medesime direzioni; perciocchè cotali corpi vengono spinti non già verso il luogo ove si dirige la materia fulminea, ma bensì da tutte le bande, come si ha dal § 1455, e come torneremo a dire in breve.

Due mezzi potrebbero indicare la direzione di un fulmine, o, per dir meglio, dell'elettrico che trascorre in un fulmine, e sono:

1.° L'alterazione de' segni d'un elettrometro atmosferico collocato nella sfera d'azione della nube fulminante. Quando si veggono scemati i segni dell'elettricità positiva o cresciuti quelli della negativa, possiam concludere che il fulmine fu discendente; e possiam trarre un giudizio contrario dalle alterazioni opposte. Ciò però nel solo caso de' veri fulmini, cioè delle scariche fra le nubi e la terra; giacchè per riguardo alle folgori fra nube e nube non si può da questi soli mutamenti cavare nessuna conclusione sicura. Il Beccaria fe' molte di tali osservazioni, senza però limitarle ai soli veri fulmini; e trovò indifferentemente de' risultamenti di tutte le sorte (*).

2.° La posizione de' poli magnetici in un ago d'acciajo collocato non magnetizzato presso un conduttore metallico, e reso calamitato dal passaggio di un

(*) *Dell'Elettricismo*, Lettera X, § 132.

fulmine lungo questo conduttore. Vedremo, parlando de' fenomeni elettromagnetici, qual relazione abbia la direzione del fulmine colla posizione dei detti poli. Questo metodo però non può servire che in pochissimi casi, cioè in que' soli ne' quali il fulmine passa pel conduttore presso cui si è collocato l'ago.

1597. Per queste indagini può esser utile l'apparecchio descritto sotto la denominazione di *Ceraunografo* da Gardini, il quale dice d'averlo costrutto a suggerimento del Beccaria (*). Consiste esso in un filo esploratore lungo 400 piedi, isolato ad ambedue le estremità, con unito un filo *deferente* terminato inferiormente come segue. Finisce cioè questo filo deferente in un cilindretto di ferro *A*, grosso tre linee, coll'estremità rotondata e ridotta liscia (fig. 202); al di sotto si trova un altro cilindretto di ferro *B*, coll'estremità ridotta similmente rotonda e liscia, posto in ottima comunicazione col terreno, e collocato alla distanza di tre o quattro linee, sì per lungo che per traverso, dal cilindretto precedente; e a pari distanza dalle estremità de' due cilindretti si trova una lunga e consistente lista di carta tinta di cinabro, mossa perpendicolarmente al piano *AB* da un orologio, e segnata da opportune divisioni. Passando repentinamente una scarica elettrica da *A* a *B* dopo un qualche fulmine ascendente, la scintilla scorre sulla superficie superiore della carta e attraversa questa in faccia a *B*; e passando una scarica da *B* ad *A* in seguito a un fulmine discendente, la scintilla scorre sulla superficie inferiore e attraversa la carta in faccia ad *A* (§ 1467); ne' quali passaggi, se la scarica è debole, viene soltanto segnato il sentiero della scintilla sull'una o sull'altra superficie; e se è forte, si riconosce altresì un foro più o meno grande. Le divisioni poi a cui corrispondono cotali segni indicano in quali tempi sieno avvenute le scariche.

1598. Dove è caduto una volta il fulmine, è facilissimo che esso vi cada altre volte; e in questo caso

(*) *De influxu Electricitatis atmosphaericae in vegetantia*, p. 28. Torino, 1784.

la corrente elettrica tiene ancora lo stessissimo cammino, attraversando i medesimi corpi e producendo i medesimi guasti (1).

1599. Quando una corrente fulminea passa lungo un filo conduttore, non le basta talora tutta la di lui grossezza, ma rimovendo l'aria contigua, scorre in gran parte anche nel vacuo che con ciò ella si forma (p. 608 e 692). E similmente, cadendo il fulmine su qualche corpo che non sia ottimo conduttore, il torrente elettrico scorre principalmente sulla sua superficie anzichè penetrare nella sua massa; e ciò specialmente se il corpo è umido. Così i corpi animali vengono dal fulmine offesi maggiormente all'esterno che non nelle parti interne. In questi casi il vacuo che si forma nella circostante aria al primo passare dell'elettrico, come anche il vapore che si produce nella vaporizzazione delle parti umide superficiali, danno all'elettrico un passaggio più comodo che il corpo o animale o d'altra natura su cui il fulmine cade.

1600 *Effetti del fulmine.* Questi sono quali debbono aspettarsi da una scintilla elettrica immensamente forte, e si assomigliano in generale a quelli di un violentissimo calore e di una violentissima forza esplosiva.

I metalli vengono fusi e talora volatilizzati. Quando la massa metallica è assai grossa, si ha una fusione parziale ed anche qualche traforamento nel luogo colpito dalla folgore. Si ebbe una fusione parziale in una grossa lastra di ferro percossa dal già citato fulmine caduto nella casa Dugnani; e si ebbero de' fori e delle fusioni ne' pomi d'ottone d'una ringhiera sulla torre della casa Stampa di Soncino (2). È frequente il caso di trovar fuse, smussate e raccorciate le punte

(1) Nollet, *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1764, p. 456. — Franklin, *Oeuvres*, T. I, p. 168 nella nota.

(2) Landriani, *Dell'utilità* ec., p. 57 e 74.

de' parafulmini, per lo scorrere all' ingiù del metallo liquefatto (1).

I fili sottili non solo si fondono, ma eziandio si disperdono in fumo. Così avviene sovente ne' fili di ferro che servono pei campanelli delle camere, de' quali fili non resta spesse volte che un fumo nerastro sulle muraglie. Ad onta però di una tale dispersione, questi fili, quando sono continuati sino alla perenne umidità del terreno, bastano a condurre tutta quella corrente che aveva incominciato a tragittarvi, senz' altro danno dei corpi circostanti, supplendo ad essi, dopo che son distrutti, il voto che ivi la corrente ha formato. Similmente vengono dalla folgore dissipate le dorature delle cornici, lasciando ne' corpi vicini delle macchie di color pavonazzo (2).

1601. Abbiam detto che i pezzi di ferro colpiti dalla folgore, vengono da essa magnetizzati; il che però può avvenire anche quando la folgore non faccia altro che passarvi vicino. Ne' pezzi osservati dal Beccaria, le parti superiori mostrarono la polarità meridionale (3); del che si è già esposta la ragione al § 1489.

1602. Anche le pietre vengono talvolta fuse dal fulmine. Ne cita Saussure di quelle trovate alla sommità del Monte Bianco, con la superficie sparsa di gocce e bolle di apparenza vitrea, le quali ei crede appunto prodotte dal fulmine, tanto più ch' egli ebbe occasione di osservare una somigliante apparenza in alcuni pezzi di mattone che la folgore aveva percossi (4). Fecero di simili osservazioni Ramond ne' Pirenei, e Humbold in America (5). Beccaria parla di un

(1) Landriani, *Dell'utilità* ec., p. 66 e 68.

(2) Franklin, *Oeuvres*, T. I, p. 151, 226, 233. — Landriani, *ibid.*, p. 40.

(3) *Dell'Elettricismo*, Lettera XIV, § 311.

(4) *Voyages dans les Alpes*, § 1153, 1994.

(5) Daubuisson, *Géognosie* ec. T. I, p. 125. Ediz. 1819. — Pouillet, *Élémens de Phys.* T. II, p. 817.

pezzo di mattone colpito dal fulmine nella Torre degli Asinelli a Bologna, il quale mostrava vetrificata l'arena di cui era coperta una parte della sua superficie, e, quello che è più singolare, presentava altresì una polarità magnetica. Quest'ultima particolarità nasceva sicuramente da particelle ferrigne disseminate nella massa del mattone; e venne dal Beccaria riscontrata anche in altre pietre che similmente erano state colpite dal fulmine (*).

Un altro bell'esempio dell'azione calorifica del fulmine lo abbiamo ne' tubi vitrei già da noi menzionati nel T. II, p. 21, e che si rinvengono talvolta in alcuni terreni sabbiosi e molto umidi. Sogliono essi essere o verticali o poco inclinati colla verticale, avendo a fior di terra un diametro che talora arriva a due pollici e a due pollici e mezzo, e assottigliandosi inferiormente sino ad avere in fine la grossezza del tubo di una penna da scrivere. La loro lunghezza giunge sino a 20 e 30 piedi; ma sono divisi naturalmente da parecchie fenditure trasversali in pezzi di una lunghezza da 1/2 pollice a 5 pollici, i quali pezzi vengono spesse volte messi allo scoperto fuori della sabbia e rotolati dal vento. Il più delle volte non vi ha in un dato luogo che un sol tubo; ma questo ad una certa profondità si divide talora in due o tre rami, ciascun de' quali getta lateralmente de' ramoscelli lunghi da un pollice ad un piede. Questi ultimi sono conici e finiscono in punte che si vanno gradatamente inclinando all'ingiù. Sono internamente cavi con liscia la interna superficie e perfettamente vitrea; e al di fuori sono rugosi e ruvidi, con una superficie formata di grani di sabbia agglutinati e semifusi. Se ne sono trovati in diversi luoghi della Germania, in Inghilterra, nel Brasile. E tutto prova che sieno opera del fulmine, il quale attraversando que' terreni per discendere all'umidità perenne abbia fuse le sabbie incontrate nel suo cammino benchè quarzose, e le abbia altresì rimosse lateralmente o per ripulsione elettrica o piuttosto per volati-

(*) *Dell'Elettricismo*, Lettera XIV, § 309, 310, 311.

lizzazione dell'umidità e abbia così prodotta la cavità interna, e inoltre esso siasi in quelle sabbie diviso e suddiviso, dando origine alle ramificazioni. Ed è sì forte il calore necessario a questa fusione, che la lucerna ad ossigeno del dottor Marcet non potè fondere cotali sabbie che imperfettamente e dopo un' azione lungamente continuata, quantunque ella fonda de' grossi fili di platino con viva scintillazione (1).

Ma perchè, ad onta di un sì forte calore, le pietre e i mattoni fulminati non sogliono presentare che leggierissimi segni di fusione e affatto superficiali? A mio giudicio, perchè la folgore non fa che strisciare sulla loro superficie, trovando essa un comodo passaggio nel voto fatto nell' aria adiacente. In vece le sabbie menzionate vengono attraversate dall' intera corrente fulminea, la quale a stento può aprirsi di mezzo uno stretto canale.

1603. I corpi combustibili vengono dalla folgore accesi ed abbruciati. Sonosi trovati arsi i capelli delle persone colpite dal fulmine. Questo, cadendo su legni secchi, su tetti di paglia, su mucchi di fieno, di cordami, di canape, ha sovente prodotto degli incendii (2). Talora si veggono delle tracce carbonizzate anche ne' legni verdi. Le navi possono non solamente soffrirne gravi danni nelle alberature, come avvenne a un vascello della Compagnia Olandese che si trovava a poca distanza da uno de' signori Banks e Solander (3), ma eziandio possono venire abbruciati: così accadde a un vascello similmente Olandese che si trovava nella rada di Batavia, nel quale la folgore accese una vela, e il fuoco, propagatosi immediatamente al corpo della nave, in brevissimo tempo la distrusse (4). Di

(1) *Ann. Chim. Phys.* T. XIX, p. 290; T. XXXVII, p. 319. — Beccaria, *Dell'Elettricismo*, Lettera XIV, § 313.

(2) Landriani, *Dell'utilità* ec., p. 185. — Franklin, *Oeuvres*, T. I, p. 210.

(3) Landriani, *ibid.*, p. 76, citando i Viaggi di Cook, T. IV della traduzione francese.

(4) *Memorie dell'Accademia di Parigi*, 1790, p. 476.

qui si scorge quanto sian necessarii i parafulmini anche nelle navi.

1604. Tali sono gli effetti *fisici* e *chimici* del fulmine. I più comuni però sono i *meccanici*, cioè quelli di spezzare, smuovere e scagliar lontano i corpi. Quando il fulmine colpisce gli alberi, suole scendere fra il legno e la corteccia che è la via più umida e più conduttrice, staccando e scagliando lontano delle lunghe liste della corteccia medesima. Entrando nel terreno solleva e disperde le parti della terra sciolta, e apre ampii fori. Le pietre e gli altri cattivi conduttori che si trovano nelle interruzioni fra buoni conduttori, vengono con immensa forza spezzati; e i pezzi vengono gettati secondo tutte le direzioni, come da un centro verso i varii punti della circonferenza. Si narra fra gli altri esempii, essere stato smosso di parecchi piedi un pezzo di muro formato di 7000 mattoni e del peso di 52000 libbre (1). Ed anche i corpi metallici, specialmente quando consistono in lamine sottili, vengono forati, lacerati, rovinati.

1605. Gli animali colpiti dalla folgore vengono alle volte uccisi all' istante o notabilmente offesi, e alle volte ne restano soltanto sbalorditi (V. al § 1501 e seg.). Que' che rimangono uccisi si trovano sparsi di macchie livide, col sangue stravasato in diversi luoghi, come si osservò nel cadavere di Richman e in altri casi (2); le arterie si veggono ancora piene di sangue, a differenza degli animali morti in altra maniera; i corpi spesse volte sono affatto irrigiditi, e talvolta in vece sommamente rilasciati, effetti che si attribuiscono entrambi a cessata irritabilità de' muscoli; e cadono essi corpi prontissimamente in putrefazione (3). Le offese nulladimeno non appajono che

(1) Gehler's *Physik. Wört.*, art. *Blitz*, p. 1030, citando le Memorie della Società Filosofica di Manchester, T. II, p. 2.

(2) Beccaria, *Dell'Elettricismo*, Lettera XIV, § 264.

(3) Landriani, *Dell'utilità* ec., p. 13, 14, 29, 162. — Franklin, *Oeuvres*, T. I, p. 333.

alla superficie (§ 1503). La cute n'è come abbrustolita, e talvolta mostra i medesimi segni come se fosse stata stirata verso bande opposte da corpi che comprimendola si fossero violentemente allontanati, trascinandola seco, ripiegandola e lacerandola (1).

Talvolta la morte non è che apparente, ma sono necessarii de' pronti soccorsi, perchè ella non divenga reale; e questi soccorsi sono le fregagioni, le scottature, le scosse elettriche, ec.; con che molte volte le persone fulminate si rianno, e spesso senza conservarne che incomodi passeggeri.

Sì rapida è poi l'azione del fulmine, che molte delle persone che ne rimangono morte, si rinvengono nelle stessissime posizioni come nell'istante che vennero colpite, e molte di quelle riavutesi, non si rammentano di poi nè della luce nè dello strepito (2).

1606. Quando gli animali non sono stati che sbalorditi, provano, nell'atto che sono colpiti, una singolare commozione e tremore e sogliono perdere i sensi; e se il colpo fu forte, mostrano di poi una notabile prostrazione di forze, e un dolore nelle articolazioni, specialmente in quelle delle gambe, prodotto da rilasciamento e da stanchezza del sistema muscolare; talvolta altresì il fulmine cagiona una cecità irrimediabile, e la stanchezza muscolare degenera in una ostinata paralisi (3). Se la folgore non fa che passar vicino al corpo dell'animale, e se attraverso ad esso non passa che una piccola porzione della corrente, esso ne riceve una commozione simile a quella dell'ordinaria scossa elettrica.

Le persone colpite dal fulmine e che sopravvissero, rimangono per molto tempo sensibilissime all'a-

(1) Gehler's *Phys. Wört.*, art. *Blitz*, p. 1021.

(2) *Ibid*, p. 1020. — Pouillet, *Élémens* ec., T. II, p. 821 e 822. — *Giornale di Fisica di Pavia*, 1824, p. 285. — Il secondo effetto si ha anche dalle scariche delle batterie. Franklin, *Oeuvres*, T. I, p. 187.

(3) Landriani, *Dell' utilità* ec, p. 15, 162.

zione dell'elettricità atmosferica, e durante i temporali si trovano in mal essere. Nè pare che ciò dipenda da un'azione morale prodotta dalla rimembranza del pericolo incorso (1).

1607. Ne' luoghi ove la folgore ha fatto de' guasti rimane un fumo e un odore come di zolfo che talvolta è fortissimo. Il fumo nasce evidentemente dalle materie state volatilizzate o disperse nell'aria in minutissima polvere. L'odore si stima un fenomeno dello stesso genere, dalla maggior forza in fuori, dell'odore lasciato dalle ordinarie sperienze elettriche, e che si suole assomigliare a quello del fosforo; forse questo del fulmine viene rassomigliato a quello dello zolfo, siccome più noto a' testimonii dell'avvenimento, i quali in generale non sono scienziati. E può nascere anch'esso dalla volatilizzazione poc'anzi menzionata.

1608. *Del Tuono.* All'abbagliante splendore della folgore succede, dopo un intervallo di tempo più o meno lungo, un forte e continuato romore che si appella il *Tuono*. È questo lo strepito prodotto nell'aria dal passaggio della folgore, strepito che è tanto più forte di quello delle ordinarie scintille elettriche, quanto è maggiore la quantità del fluido che trascorre. Arriva esso prontissimamente quando la folgore cade vicina, ma ritarda alquanto s'ella cade lontana, aspettando circa 5″ ½ per ogni miglio italiano di distanza; chè tanto è il tempo impiegato nella propagazione del suono.

1609. Benchè la folgore sia sensibilmente istantanea, il tuono suol essere lungamente prolungato, e ciò per due cause, cioè:

1.° Perchè esso ci arriva più prontamente dai punti più vicini della via percorsa dall'elettrico, e più tardo dai più lontani (2). Questi punti più vicini poi sono

(1) Fusinieri, *Giornale di Fisica di Pavia*, 1824, p. 284; 1825, p. 219. — Gehler's *Phys. Wört.* art. *Blitz*, p. 1023.

(2) Beccaria, *Dell'Elettricismo.* Lettera XIV, § 290.

rare volte quelli donde la folgore ha presó le mosse, ed anzi sono talvolta gli ultimi che vennero percorsi: in genere è ben diverso l'ordine secondo cui la folgore percorre le diverse parti del suo cammino, e l'ordine secondo cui ci arriva il romore procedente da queste parti.

2.° Per qualche eco cagionato dalle nubi. Del che Musschenbroek arreca la prova che sparando un cannone, non si ha a ciel sereno che un romore istantaneo, ma in tempo nuvoloso si odono molte ripercussioni; osservazione che venne confermata in alcune sperienze fatte recentemente in Francia per misurare la velocità del suono (*).

1610. Nella sua durata non mostra il tuono un successivo e graduato indebolimento, ma tratto tratto si rinforza, e fa sentire de' forti e separati rimbombi; in generale egli è un romore grave ed aspro, molto simile a quello di un pesante carro tirato con velocità su di un piano ineguale sotto cui il terreno sia voto.

Questi rimbombi e rinforzamenti, come anche i minuti colpi che rendono aspro questo suono, dipendono sicuramente in gran parte dalla giacitura della curva descritta, essendo indubitabile che, prescindendo dalla distanza e da qualche altra circostanza, dee l'orecchio sentire un più forte suono, allorquando entro una data durata di tempo esso riceve strepito da una maggiore lunghezza della curva. Si trovi, p. e., in O (fig. 203) l'orecchio di una persona, e sia LK la via percorsa dalla folgore; cammini poi questa da K verso L o da L verso K. Si immagini una serie di superficie sferiche, tutte col centro in O, e situate a piccole ed uguali distanze l'una dall'altra, e si determinino i tratti della via LK che giacciono ne' diversi intervalli fra esse superficie. Si avrà, prescindendo dalla diversa distan-

(*) Musschenbroek, *Introd. ad Phil. Nat.*, § 2253. — Gehler's *Phys. Wört.* art. *Donner*, p. 571. — *Ann. Chim. Phys.* T. XX, p. 222.

za, un più forte romore da quegli intervalli entro i quali giace una maggior porzione della detta via, e uno più debole da quelli ove ne giace una porzion minore. Nel caso particolare della fig. 203 il tuono dee cominciare con un forte rimbombo, stantechè presso al punto a, il quale è di tutta la LK il più vicino ad O, sonovi molti altri punti che si trovano pressochè alla medesima distanza da O. Dopo questo rimbombo il romore si fa più debole; ma nel quarto intervallo DD' vi sono due rimbombi, uno procedente dal punto n ove la LK ha un *minimo* di distanza da O, ed uno procedente dal punto m ove ella ha un *massimo*. Altri accidenti può considerarli il lettore. Si potrebbero imitare queste variazioni col distribuire un corpo di truppe in una linea irregolarmente serpeggiante e col fargli fare una scarica di fucili tutta ad un istante.

È però chiaro che nella forza apparente di questo strepito ha gran parte anche la diversa distanza de' varii tratti della curva percorsa, essendo, ad altre circostanze pari, tanto più debole questa forza, quanto maggiore è siffatta distanza. Oltre a ciò vi deve altresì aver parte la diversa densità dell' aria ove il suono si produce, e probabilmente anche la di lei umidità; come anche le già menzionate ripercussioni, e i rumori contemporanei di altre folgori.

1611. Si osservano ne' varii tuoni alcune diversità, cioè:

1.° *Pel modo dell'incominciamento.* Alle volte il tuono comincia con un netto e forte colpo o rimbombo a cui tien dietro il solito variato romoreggiamento. Ciò io credo avvenire, fra gli altri casi, allorquando il punto più vicino a noi si trova in una parte di mezzo della linea descritta, e questa ha curvature dolci, non troppo capricciose (V. al § 1610).

Molte volte il rumore non è niente più forte in sul principio che nel suo proseguimento, e pare sovente quello d'una carrozza che incominci a muoversi su d'un selciato; il che io stimo che accada allorquando il primo suono ci viene da una delle estremità della saetta, essendo questa estremità nell'atmosfera; la qual cosa

dee avvenire spessissimo in quelle folgori tra nube e nube che non sono molte lunghe. Talvolta esso tuono incomincia con uno strepito come d'un albero che si schianti, o d'un fabbricato che rovini, o anche d'una carta che venga lacerata. Così credono alcuni fisici che avvenga ogni volta che la saetta colpisce una casa o altro corpo che non sia buon conduttore e dove ella debba saltare per molte interruzioni (1).

Ne' fulmini che cadono a terra sembra che il primo suono dipenda assai dalla natura dei corpi percossi, solendo esso primo suono venirci appunto da questi corpi. Una folgore caduta nel mare a qualche distanza da un naviglio fe' sentire un rimbombo come di un cannone scaricato sul naviglio medesimo; e fu in vece assai più debole lo strepito di due folgori che colpirono gli alberi di esso naviglio (2). E persone che hanno lungamente dimorato nelle montagne mi assicurano che ogni volta che loro accadde di veder la folgore cadere sui vivi scogli, udirono un colpo secco, alquanto acuto, come di martello vibrato con gran forza su essi scogli.

2.° *Per la forza de' rimbombi e per l'asprezza del suono.* Nel proseguimento del tuono si fanno talvolta distinguere de' rimbombi più rari, ma più netti e di una forza straordinaria. Ciò avviene, a mio avviso, allorquando la via della folgore, forse per una maggiore umidità dell'aria, manca di minute ed irregolari tortuosità, ma ha un andamento liscio con piegature dolci ed ampie, come vien rappresentato dalla fig. 204. Il che è agevole a intendersi da quanto s'è detto al § 1610.

Talvolta in vece il tuono fa sentire de' colpi assai più numerosi, ma insieme più deboli, alla guisa di un irregolare battimento di tamburi. Il che può dipendere o dall'avere la saetta più copiose e più mi-

(1) Gehler's *Phys. Wört.*, art. *Donner*, p. 564.
(2) *Ibid.*

nute irregolarità come mostra la figura 205, o dall'avere essa più rami, o dal venire più volte replicata a brevissimi intervalli.

3.° *Per la durata*. Alcuni osservano che quando la folgore cade sui corpi terrestri, il suono suol essere d'assai più breve durata che quando ella comincia e finisce nell'atmosfera. Alle volte anzi, nel caso de' fulmini cadenti a terra, il tuono pare un unico colpo come di cannone, come fu appunto quello della folgore che dicemmo poc'anzi esser caduta nel mare. Il sig. Th. Forster dice d'avere udito in un temporale parecchi di siffatti colpi istantanei e fortissimi; e asserisce anch'egli esser tali que' che procedono da folgori scendenti sui corpi terrestri (1). E così pensa anche Brandes appoggiato a cinque casi di folgori cadute a lui vicine (2). Pare che queste folgori, trascorrendo fra l'infima superficie delle nubi e il suolo, abbiano i due punti estremi a distanze dall'osservatore non molto diverse.

Ne' temporali grandinosi si ode sovente un continuo romoreggiamento, il quale or cresce or scema, ora passa ad un luogo ed ora ad un altro, senza che appajano folgori, che forse son nascose nell'immenso cumulo delle nubi sovrapposte: dopo suol cadere una copiosa grandine (3).

1612. Quando non vi fossero ripercussioni, il ritardo dalla folgore al tuono e la durata di questo potrebbero darci qualche indizio sulla lunghezza del cammino della folgore medesima. Il che s'intenderà meglio da un esempio.

La notte dal 25 al 26 giugno 1837 io stetti attento a diversi tuoni, i quali tardavano quasi tutti egualmente sì a incominciare che a finire. Fra gli altri il più lungo incominciò a 12″ dopo la luce, e finì a 77″, durando 65″. Se adun-

(1) *Bibl. Britann.* T. L, p. 37 e 38.
(2) Gehler's *Phys. Wört.*, art. *Donner*, p. 576.
(3) *Ibidem.*, p. 564.

que il punto della folgore a me più vicino e quello più lontano fossero stati i punti estremi del suo cammino, e si fossero trovati entrambi in una stessa retta partente dal mio orecchio, le distanze di questi due punti dall'orecchio stesso sarebbero state rispettivamente di miglia italiane 2 1/5 e 14, e la distanza dall'uno all'altro di miglia 12 circa. Ma potevano anche le due estremità del detto cammino essere state da due bande opposte e ancora in linea retta coll'orecchio ed entrambe ad una distanza di 14 miglia da esso, ed essere state perciò lontane 28 miglia l'una dall'altra. Sicchè, prescindendo dalle dette ripercussioni, la distanza fra le due estremità della folgore sarebbe stata compresa fra le 12 e le 28 miglia.

1613. Si narrano alcuni rari casi di fulmini non accompagnati da tuono. Fra gli altri se ne racconta uno avvenuto il 13 agosto 1785 nella città imperiale di Francoforte, ove la folgore appiccò il fuoco in due diversi luoghi (1). Probabilmente i corpi colpiti erano poco conduttori, il che avrà prodotto un ritardo nel passaggio dell'elettrico e avrà indebolito il romore.

Si citano anche de' casi, similmente assai rari, di fulmini e tuoni avvenuti a ciel sereno (2). Sarebbero questi stati de' bolidi?

1614. *Del Lampo*. Noi chiamiamo *Lampo* o *Baleno* uno splendore non ristretto in una sottile lista come la saetta, ma più diffuso, e che illumina vivamente le nubi temporalesche senza accompagnamento di tuono (3).

Anche il lampo suol mostrare parecchie rapidissime ripetizioni, colle quali può durare un tempo sensibile, fors'anche per un intero secondo. In questi casi però cangia spesse volte di luogo, comparendo nelle ultime riprese in nubi diverse da quelle ove ha cominciato (4).

(1) Gehler's *Phys. Wört.*, art. *Donner*, p. 577.
(2) Musschenbroek, *Intr. ad Phil. Nat.*, § 2531.
(3) Beccaria, *Dell'Elettricismo*, Lettera X, § 119.
(4) Io dubito che sia questo fatto quello che fa credere ad

Alcuni attribuiscono i lampi a saette celate entro le nubi (1), a quel modo che dentro una campana di vetro smerigliata appare più ampia e più debole la fiamma di una lucerna. Ma perchè non vi si accompagna il tuono? Pare che sia propriamente una particolare maniera di diffusione dell' elettrico, la quale sia più ampia e meno strepitosa delle saette, a cagione forse della rarezza dell' aria, comparendo poi ancor più ampia per l' illuminazione delle nubi circostanti.

1615. Nelle sere estive si veggono molte volte presso l' orizzonte de' leggieri lampi, senza che si veggano nubi nè si odano tuoni, talchè il volgo gli stima semplici effetti del calore e affatto indipendenti dai temporali. In realtà però essi non sono che ordinarie folgori o lampi di un temporale assai lontano, le cui nubi vengono occultate dalle irregolarità del terreno frapposto o dall' aria torbida vicina al suolo o dalla stessa convessità del globo, folgori e lampi i quali illuminano vivamente ed ampiamente l' aria ad essi sovrapposta e a noi visibile. Una siffatta spiegazione, già adottata da alcuni antichi filosofi (2), venne confermata nei tempi recenti da una notabile osservazione di Saussure. Nella notte dal 10 all' 11 luglio del 1783 v'ebbe a Ginevra un orrendo temporale accompagnato da folgori e tuoni che succedevansi quasi senza interruzione. Saussure intanto, trovandosi all'Ospizio del Grimsel, a una distanza rettilinea di 90 in 100 miglia italiane da Ginevra, e non potendo dormire per l' incomodità dell' alloggio, aveva ivi una notte serena e tranquilla; però guardando verso Ginevra vedeva alcune

alcuni che l' occhio possa distinguere nelle folgori moventisi nelle nubi il luogo dove esse cominciano e quello ove vanno a finire. *Giornale di Fisica di Pavia*, 1817, p. 445.

(1) Singer, *Elementi* ec., p. 195.

(2) Seneca, *Quaest. nat.*, lib. II, cap. 26, citato da Bellani nel *Giornale di Fisica di Pavia*, 1817, p. 444.

striscie di nubi con de' lampi simili a quei che si chiamano lampi di calore (*éclairs de chaleur*) (1).

1616. *Saette, tuoni e lampi nelle eruzioni vulcaniche.* Si osservano essi assai spesso nel Vesuvio e nell'Etna, come anche nell'Ecla. Nella notte dal 22 al 23 ottobre 1822 il gran nuvolone di sabbia finissima uscita dal Vesuvio presentò un magnifico spettacolo per le copiosissime saette a zig-zag, che per lo più apparivano lanciarsi dagli orli delle nuvole verso l'aria e da questa verso gli orli, i quali parevano fregiati di moltissime strisce di fuoco (2). Io vorrei ammettere che anche in questi casi si abbia una discesa dell'abituale elettricità positiva della superiore atmosfera; il che potrebbe esser deciso col mezzo di due delicati apparecchi magnetici collocati l'uno a Sud e l'altro a Nord del Vulcano, osservando l'andamento delle declinazioni.

1617. *Fuoco di S. Elmo.* In un baluardo del Castello di Duino, situato in riva al Golfo di Trieste, si trovava eretta verso la metà del secolo scorso (se anche al presente, nol so) un'asta di legno terminata in alto da una punta di ferro, sulla qual punta, nei mesi di state, allorquando si avvicinava a quel luogo un qualche temporale, comparivano delle scintille e quindi una fiammella. A una tal vista il soldato che stava ivi di guardia, osservava se cotale fiammella cresceva, e se all'accostarvi un'altra picca che si soleva tenere ivi in pronto, si manifestava anche su questa, mentre le era a poca distanza, un'altra fiammella. E in questo caso sonava una campana, al cui tocco i contadini sparsi per la montagna, e i barcajuoli che pescavano nel vicino golfo, si raccoglievano in salvo, essendo quasi certa una burrasca (3). E que-

(1) *Voyages* ec., § 1700.
(2) Musschenbroek, *Intr. ad Phil. Nat.* § 2523. — Pianciani, *Istituz. fis. chim.* T. III, p. 530.
(3) *Osservazioni intorno all'uso dell'Elettricità celeste* ec. Lettera del dott. Gian Fortunato Bianchini. Venezia, 1754, dalla p. 3 alla 39, e specialmente alle p. 11 e 26.

sta pratica era antichissima, talchè gli abitanti non ne sapevano l'origine, e il Padre Imperati ne scriveva nel 1602 come di usanza non recente (1); e si continuava essa fedelmente, essendosi a ricordanza di vecchi rinnovate le picche per ben tre volte. Il Bianchini fe' piantare tre altre simili picche agli altri angoli del castello; e si trovò che cominciava a scintillare e fiammeggiare quella delle quattro dal cui lato si avvicinava il temporale, facendolo per l'ultima quella dal lato opposto; e in cotal modo il temporale si presagiva più d'un quarto d'ora prima, e talvolta anche un'ora intera. E la luce non vedevasi solamente di notte, ma anche di giorno; e talvolta alzando le mani colle dita aperte, spicciavan da queste ultime cinque bellissimi pennacchi.

In questo fenomeno le scintille si riferiscouo evidentemente a un incominciamento del fiocco; e la fiammella poteva essere o un fiocco continuato o anche una stelletta. D'un tal fatto poi si hanno molti altri esempii. Due ne cita il medesimo Bianchini: uno che si osservava nella croce del campanile della chiesa di S. Tomaso di Ortona, città marittima del regno di Napoli, e l'altro avutosi nella croce d'un campanile poco lungi da Napoli (2). Altri ne cita Priestley nella sua Storia dell'elettricità (3). Presso gli antichi scrittori si leggono esempii di soldati dalle cui picche uscirono fiammelle (4). E dello stesso genere si dee reputare la luce che appariva nell'orlo bagnato del cappello del sig. Allamand durante un forte temporale (5),

(1) Bianchini, *Osservazioni*, ec., p. 90.
(2) *Ibid.*, p. 15 e 16.
(3) T. II, p. 283.
(4) Musschenbroek, *Intr. ad Phil Nat.*, § 2509.
(5) *Bibl. Univ.* T. XVII, p. 154. Veramente qui si legge che l'orlo del cappello era coperto d'un'*acqua luminosa;* ma io attribuisco la frase a inesattezza di espressione o a qualche illusione dell' occhio.

e le piccole luci che in una notte piovosa comparivano nella chioma del cavallo d'un viaggiatore (1), parendo che cotali luci si debbano riferire alla stelletta dell'elettricità negativa. In mare poi un tale fenomeno è assai frequente, apparendo in forma di una fiammella vagante che si muove sulla sommità degli alberi delle navi e sulle vele (il qual moto è forse dovuto all'agitazione di esse navi, nelle quali or l'uno or l'altro punto si trova più esposto degli altri all'azione elettrica delle nubi). Gli antichi se vedevano una sola fiammella, le davano il nome di *Elena*, e la stimavano di cattivo augurio; se due, le chiamavano *Castore e Polluce*, e le credevano segni favorevoli; ma possono comparire anche in maggior numero (2). Nel Golfo di Trieste chiamano il fenomeno col nome di *Fuoco di S. Elena*, e così appellavano anche quello del castello di Duino. Alcuni il dicono *Fuoco di S. Elmo* o *di S. Ermo* (3).

Si ritiene come appartenente ai fenomeni elettrici dell'atmosfera anche l'*Aurora boreale;* ma di essa ci riserbiamo a parlare in altro luogo.

1618. *Considerazioni generali.* Osserva il Beccaria essere estremamente grande la quantità d'elettrico che in un temporale scende a terra o sale alle nubi (4). Considerando per maggiore semplicità un temporale che dia costantemente segni di elettricità positiva, ei fa notare che le scintille date in tale occasione da un *filo deferente* sono sì spesse da non poterne l'orec-

(1) Poggendorff's *Annalen* ec., 1835, N.° 2, p. 370. Se ne possono vedere altri esempi presso Musschenbroek, *Intr. ad Phil. Nat.*, § 2509.

(2) Musschenbroek, *ibid.*, § 2506. — Plinio, *Hist. Nat.*, lib. II, cap. 37. A queste fiammelle alludono senza dubbio alcuni passi degli antichi poeti: *Hor. Carm.* Lib. I, Ode III e XII; *Homeri Hymn. in Jovis Pueros.*

(3) Bianchini, *Osservazioni*, ec., p. 14 e 17.—Pianciani, *Instituz.* T. III, p. 542. — Priestley, *Histoire* ec. T. II, p. 279 e seg.

(4) *Dell'Elettricismo*, Lettera XI, § 139 e seg.

chio distinguere l'interruzione, e che questa rapida successione si mantiene per una parte notabile della durata del temporale. Riflette poi che oltre al filo deferente, moltissimi altri corpi assorbono elettrico dall'atmosfera per tramandarlo al suolo, quale più abbondantemente di esso filo e quale meno; e che fra tutti assorbono molte migliaja di volte più elettricità che il filo medesimo, anche non computando la grandissima quantità che ne viene condotta a terra dai fulmini. Da ciò egli argomenta (1) che un nuvolo temporalesco non può a meno di non ricevere continuamente del nuovo elettrico da qualche banda; tanto più che dopo scaricatosi esso nuvolo con qualche folgore, subito i segni elettrici ricompajono e si rinforzano, rendendosi talora più vivi che prima.

Io non esporrò le idee del Beccaria sulla provenienza di questa elettricità, parendomi che nell'attuale stato della scienza non sieno ammissibili. Citerò piuttosto l'opinione di Howard, il quale stima (2) che allorquando un nembo passa al nostro Zenith, esso serva a guidare giù verso noi la elettricità positiva della superiore atmosfera. Secondo questa opinione, a misura che la nube prende elettrico dalle alte regioni dell'aria, ricevendolo, p. e., in forma di lampi e trasmettendolo al terreno o insensibilmente o per mezzo delle folgori, è da ammettere che ne accorra dell'altro dalle parti laterali della medesima superiore atmosfera, col favore della grande conducibilità di questa, dovuta alla sua rarezza.

1619. Un filo di ferro lungo 300 pollici e grosso $^1/_{151}$ di pollice (a misura inglese) per esser fuso richiese la scarica di una batteria di Van Marum avente la capacità di 225 piedi quadrati (p. 635). Supponiamo che un fulmine possa fondere un filo di ferro della stessa lunghezza e della grossezza di una linea inglese (e suole esso fulmine volatilizzare

(1) *Dell'Elettricismo*, Lettera. XI, § 146.
(2) *Bibl. Britann.* T. L, p. 29.

i fili de' campanelli che sono presso a poco di una tale grossezza); e supponiamo che in questo filo la corrente fulminea si muova colla stessa celerità come la corrente elettrica ordinaria nella detta scarica della batteria di Van Marum (sul che, a vero dire, nulla sappiamo di certo): in questi supposti sarebbe un tal fulmine per lo meno equivalente nella quantità d'elettrico a una scarica di 156 batterie simili alla menzionata, formanti fra tutte una capacità di 35 mila piedi quadrati di estensione armata, Franklin opina che nessuna folgore uguagli la scarica di 25 mila delle sue giare (contenenti circa 27 litri ciascuna) (1).

Per misurare la quantità d'elettrico che viene assorbita, p. e. ad ogni minuto primo, da una data spranga frankliniana in occasione di un temporale, potrebbe servire una boccia di capacità conosciuta, colle armature comunicanti nel modo indicato dalla fig. 91 con due pallette *C*, e *D*, essendo però queste assai vicine, p. e. ad una sola linea di distanza: si porrebbe la palla *D* in comunicazione colla parte superiore o isolata della spranga, e la *C* coll'inferiore; e si numererebbero le scintille che saltano fra *D* e *C* entro un dato intervallo di tempo.

Si potrebbero anche unire le due parti della citata spranga coi due capi del filo di un *Galvanometro*, le deviazioni del quale non solo farebbero conoscere la direzione della corrente, ma anche la copia (2).

De' Parafulmini.

1620. Franklin, dopo avere riconosciuta la natura elettrica del fulmine, trovò anche il mezzo di porvi riparo colla celebre invenzione de' *Parafulmini*. Con-

(1) *Oeuvres*, T. I, p. 128.

(2) Colladon negli *Ann. Chim. Phys.* T. XXXIII, p. 72.

Intorno a' Temporali e all' Elettricità atmosferica scrissero recentemente in Italia, oltre ai già citati fisici:

Matteucci, *Discorso sul periodo de' temporali*, Firenze, 1827. — *Del Temporale, Discorso*, Bologna, 1828. — *Influenza dell'Elettricità terrestre sui temporali*, Bologna, 1829.

Barlocci, *Congetture sulla origine dell'Elettricità atmosferica*, Roma, 1830. — *Idem*, Verona, nel *Poligrafo* pel Maggio 1831, con note del prof. Francesco Zantedeschi.

sistono questi in puntute aste metalliche collocate all'alto degli edificii, e tenute col mezzo di opportuni conduttori in ottima comunicazione colla perenne e illimitata umidità sotterranea: queste, allorquando la folgore si trova determinata dalle circostanze atmosferiche a cadere sull'edificio o nelle vicinanze, la chiamano a cadere sopra di sè, e le prestano la via più facile e più comoda per passare al terreno, nel quale ella trapassa innocua. Io darò alcune nozioni generali intorno a questi apparecchi. Chi volesse più ampie e più minute informazioni, per mettersi in grado di costruirli con economia e facilità, può consultare altre opere appositamente scritte (*).

1621. Un parafulmine suol essere composto di due parti, cioè:

1.° Di un'asta metallica acuminata, collocata all'alto di un edificio;

2.° Di un conduttore pur metallico che ponga essa asta in comunicazione col terreno.

L'asta acuminata si suol fare di ferro, siccome metallo più robusto, munendola alla sommità d'una punta di rame che da alcuni s'indora, e rivestendola inferiormente d'una vernice che la preservi dalla ruggine. Le si suol dare fra tutto una lunghezza di 12 a 15 piedi, ossia di 4 a 5 metri; alla base le si dà il diametro di un pollice o poco più, cioè quanto basti perchè non venga piegata dal vento; e la si va all'alto restringendo gradatamente a forma di piramide. Si colloca essa nella parte più elevata di un edificio; e per darle maggior elevazione, la si ferma sopra un

(*) *Ann. de Chim. et de Phys.* T. XXVI, p. 258 e seg.
Majocchi, *Istruzione teorica e pratica sui parafulmini.* Milano, 1826.
Landriani, *Dell'utilità dei Conduttori elettrici.* Milano, 1784.
Nel Nuovo Dizionario di Gehler si espone un metodo alquanto diverso dagli altri, il quale però prima d'usarlo dovrebbe venir bene esaminato: art. *Blitzableiter*, p. 1045 e seg.

pilastro dell'altezza di circa due metri fabbricato sul comignolo del tetto, o anche la si attacca a un palo ben congiunto colle travi di esso tetto.

Si stima che la virtù proteggitrice di una tale asta si stenda sino a una distanza doppia dell'altezza di essa sul tetto; di maniera che un'asta elevata di 20 piedi sopra esso tetto possa proteggere un cerchio del raggio di 40 piedi.

Sul vantaggio dell'acutezza non sono i fisici ben d'accordo. Si ammette bensì da tutti che ella ajuti a togliere in silenzio dell'elettrico alla nube temporalesca qualche tempo prima che la folgore caggia, e così indebolisca l'effetto della scarica di questa. E diversi fisici fanno molto caso di questa prerogativa, e citano l'esempio di nubi vivamente lampeggianti, le quali cessarono di lampeggiare al giungere sopra vasti edificii armati di parafulmini; e dicono d'aver riconosciuto essere grandissima la quantità d'elettrico che scende in alcuni minuti da una spranga frankliniana costrutta come abbiamo insegnato al § 1518 (1). Ma altri, e segnatamente il Beccaria (2), stimano essere tanto grande la quantità d'elettrico scaricantesi in un fulmine, che a petto d'essa sia poca cosa la quantità che può essere chetamente involata da una punta metallica alla nube prima della caduta del fulmine medesimo. E vi furono anzi di quelli i quali temettero che siffatte punte fossero pericolose, siccome quelle che potrebbero chiamare de' fulmini i quali in mancanza di esse non sarebbero caduti, e consigliarono a toglierle, usando in vece aste ottuse o anche de' soli conduttori scendenti al terreno (3). Questo timore però, quando non si tratti di magazzini di polvere o d'altri edificii pericolosissimi e i conduttori sieno ben fatti, è del

(1) Landriani, *Dell'utilità dei Conduttori elettrici*, p. 95.

(2) *Ibid.*, p. 219.

(3) Wilson nelle *Opere di Franklin*, T. I, p. 287. — *Phil. Trans.*, 1778, p. 239 e 801.

tutto irragionevole; giacchè se sono bastanti cotali conduttori a guidare innocue al terreno delle forti scariche fulminee che potrebbero cadere senza quelle punte, tanto più facilmente essi possono condurre senza danno de' fulmini più deboli che senza cotali punte non cadrebbero. Per conseguenza, quantunque non si sappia chiaramente quanto sia grande il vantaggio dell' essere acuminate le aste di cui si tratta, noi seguiteremo a usarle tali, nella certezza che questo non può che far bene. Solamente non temeremo di gravi inconvenienti, se queste aste o per caduta di folgore o per altro vengano a rendersi ottuse.

1622. Il conduttore si suol fare o di più barre di ferro ben congiunte insieme e ben inverniciate ad olio, o d'una treccia o corda di fili di rame. In ogni caso esso dev' essere: 1.° d'una sufficiente grossezza; 2.° senza interruzioni; 3.° ben comunicante colla massa terrestre.

Per riguardo alla grossezza, s'egli è di ferro, si stima che convenga farlo grosso mezzo pollice; se è di rame, essendo questo men fusibile dall'elettricità (§ 1427, 1430), può bastare che la somma de' fili equivalga a un cilindro del diametro di quattro linee. Vero è che il fulmine ha talvolta fuso in alcuni punti delle barre più grosse, ma fu quando v' ebbero delle interruzioni, nel quale caso il fluido elettrico entrando o uscendo dai metalli può assai più facilmente produrre delle fusioni (§ 1600). A condurre un fulmine unico basterebbe un sol filo anche sottile, del diametro, p. e., di una sola linea; perocchè quantunque venisse a fondersi e a dissiparsi durante il passaggio della corrente elettrica, rimarrebbe però al di lui luogo un vacuo, pel quale passerebbe ottimamente tutto il resto della corrente medesima; e non vi sarebbe pericolo che per le folgori consecutive. Quando il conduttore sia troppo esposto all' umidità, sarà bene attenersi al rame. E quando si tratti di edificii di somma importanza, quali sarebbero

i magazzini di polvere, gli archivii, ec. non sarà mal fatto usar grossezze maggiori delle anzidette, cioè maggiori di sei linee pel ferro e di quattro pel rame.

Le giunture che vi possono essere fra i diversi pezzi debbono farsi in modo che i metalli siano ottimamente congiunti o con viti o con chiodi ben ribaditi, senza untume di mezzo o altra sostanza non metallica, con ingrossate le estremità de' pezzi che si uniscono, e con ampie le superficie di contatto. Non sono da usarsi le catene nè le barre ad estremità uncinate, giacchè l'elettrico passerebbe dall'un pezzo all'altro in forma di scintilla, fondendo ed anche disperdendo parte de' metalli, e danneggiando i corpi vicini (§ 1434 e 1435) (2).

La parte inferiore del conduttore si seppellisce per qualche decimetro sotto la superficie del suolo, e, se si può, lo si guida, tenuto a questa profondità, a quattro o cinque o più metri lontano dall'abitazione, conducendolo fino a che si possa immergere in un luogo perennemente umido; e in quest'ultimo tratto si divide in più rami o gli si adatta una lamina di rame frastagliata, allo scopo di stabilire una più ampia comunicazione col terreno. Non si dee farlo terminare in cisterne o in altre acque circoscritte da cattivi conduttori; ottimo in vece è il guidarlo in pozzi, o in fiumi, o in laghi, o nel mare. È anche convenientissimo lo scegliere le parti più umide del terreno, e il volgere su queste le acque piovane. E quando la parte seppellita è di ferro, consigliano alcuni di attorniarla di carbone e specialmente di quello leggiero de' fornai, assicurando che con ciò si conserva assai più lungo tempo ad onta dell'umidità. E quest'ultima condizione della perfetta comunicazione col globo terracqueo è essenzialissima, essendosi osservato che quando i paraful-

(1) Landriani, *Dell'utilità* ec., p. 84.
(2) *Ibid.*, p. 80.

mini non servirono, fu sempre a cagione o di qualche interruzione o di imperfetta comunicazione col terreno (*), i quali difetti possono rendere l'apparecchio non solo inutile, ma anche dannoso.

1623. *Avvertenze generali.* Il conduttore nello scendere a terra non dee passare a contatto nè troppo davvicino a grossi e lunghi pezzi metallici che penetrino troppo addentro nel fabbricato e a cui possano o avvicinarsi delle persone o appressarsi de' corpi facili ad accendersi, potendo saltare a questi pezzi qualche forte scintilla o venirne smosso il fluido naturale per attuazione, e saltare quindi una parte di elettricità ai detti corpi avvicinati. Non si debbono perciò sostenere i conduttori o le aste acuminate con ferri che penetrino assai addentro ne' tetti o ne' muri. Di nessun pericolo poi è l'appoggiare semplicemente essi conduttori all'esterno de' muri.

I conduttori non si debbono serrare troppo fortemente frammezzo a corpi di scarsa conducibilità. Perocchè le correnti copiosissime pare che non occupino solamente la grossezza del metallo, ma eziandio si diffondano alquanto nello spazio circostante (§ 1404). Epperò il conduttore, quando è libero, può guidare a terra una corrente assai maggiore di quella che può esser trasmessa dalla sola materia del metallo, senza punto danneggiar questo. In vece stringendo questo fra corpi isolanti, può la folgore spezzarli e danneggiare il metallo. Nessun danno però possono arrecare le vernici, e nemmeno un sottile intonaco di calce, il quale quando sia d'ostacolo alla corrente, ne viene lanciato via (§ 1475); bensì potrebbe riuscir dannoso il murare il conduttore tutto all'intorno.

Consiglia il Beccaria di non adoperare ferro fuso, ma bensì ferro dolce di ottima qualità, senza spigoli

(*) Landriani, *Dell'utilità* ec., p. 86, 122 e 190. — *Annales de Chim. et de Phys.* T. XL, p. 386 e seg.

nè asprezze; e di tenere il conduttore disposto più che si può in linea retta o almeno con angoli poco acuti, e di non guidarlo troppo vicino a legni che sieno facili ad essere danneggiati.

1624. *Avvertenze particolari.* Quando si tratti di difendere una torre, un campanile o una casa d'abitazione che non ecceda ottanta o cento piedi in diametro, può bastare un unico parafulmine coll'asta collocata nel luogo più elevato dell'edificio, e più che si può presso al centro del tetto. Sono poi utilissimi i parafulmini delle torri anche per le case vicine.

Nelle chiese e nelle vaste abitazioni non basta un solo parafulmine, ma conviene erigere nelle loro parti più prominenti parecchie aste acuminate situate ad una distanza vicendevole non maggiore di 100 piedi, e mettere tutte queste in comunicazione fra loro con de' fili metallici, e in comunicazione col terreno per mezzo di uno o più conduttori, cioè con uno (se niente si oppone) quando le aste son due, con due se esse son quattro, ec. Sul che però, come anche sul numero e sulla collocazione delle aste, converrà regolarsi secondo le circostanze particolari. È altresì necessario collegare con siffatti conduttori le grondaje metalliche e tutti gli altri pezzi metallici molto estesi che potessero esservi all' esterno del fabbricato.

Nelle ordinarie abitazioni potrebbero con poca spesa servire di buoni conduttori i tubi metallici che guidano a terra l'acqua dei tetti, colla sola aggiunta di un' appendice metallica attaccata alla loro estremità inferiore, e guidata a sufficiente profondità sotterra; con ciò le case sarebbero men soggette al pericolo della folgore, e meno ancora se le grondaje si mettessero in comunicazione con qualche punta metallica eretta in qualche parte elevata del tetto.

1625. Gli edificii ove è necessaria la maggiore diligenza sono i magazzini di polvere. Questi richieg-

gono delle cautele anche nella loro primitiva costruzione, le quali cautele possono essere (*):

1.° Di schivare nell' interno dell' edifizio i pezzi di ferro, specialmente di molta lunghezza, potendo in essi venire smosso l'elettrico naturale dal fluido del fulmine. E se nelle porte e nelle finestre non si possono schivare siffatti metalli, sieno questi più piccoli e più corti che si può. Pericolosissimi poi sarebbero i pezzi metallici comunicanti dall' esterno all' interno.

2.° Di far le volte e le muraglie ben massicce, e difficili perciò ad essere attraversate dalla folgore;

3.° Di scegliere per essi magazzini un suolo basso, ma insieme asciutto, di fabbricare i fondamenti con materiali ben secchi, e di fare un grosso pavimento similmente ben asciutto; le quali avvertenze sono utili eziandio per la conservazione della polvere;

4.° Di non lasciare a contatto dell' edificio delle piante basse, quali sarebbero le viti. Potrebbero queste invitare il fulmine, il quale comincerebbe a scagliarsi sulle parti più elevate dell' edificio, per passar poi ad esse piante, dopo aver forse fatto de' danni.

1626 Con queste cautele si fa assai minore il pericolo che cada il fulmine. Aggiungendo de' parafulmini ben fatti, la sicurezza diviene compiuta. Questi si possono costruire in uno de' modi seguenti:

1.° Fare all' edificio un generale coperchio di rame il quale accolga la folgore ovunque ella venga a cadere, con canne pur di rame ai quattro angoli, per guidare al terreno l' acqua e all' uopo anche la folgore, volgendo le estremità inferiori di queste canne verso l' esterno, e unendovi con molti chiodi pur di rame delle lastre dello stesso metallo che guidino la materia fulminea a sfogarsi liberamente nel terreno; senza collocar punte all' alto, affinchè la folgore non vi venga attirata;

(*) Landriani, *Dell' utilità* ec., p. 221 e seg.

2.° Ovvero collocare tutto all'intorno un cerchio di parafulmini a piccola distanza l'un dall'altro, e alla distanza di cinque o sei metri dall'edificio, fermandoli a colonne di legno piantatevi intorno, facendo i conduttori alquanto più grossi dell'ordinario e ottimamente comunicanti col terreno, e munendoli di punte che sopravanzino di qualche piede al colmo dell'edificio.

La costruzione poi e la collocazione di siffatte difese sia sempre commessa a persone versate nella scienza.

1627. I parafulmini si adattano anche alle navi, alzando una punta su di uno degli alberi, e guidando da essa un conduttore fino ad immergersi nel mare (1). Il vascello de' sigg. Banks e Solander, menzionato al § 1603, era munito di questo preservativo, e venne colpito dalla folgore senza soffrirne danno; e si hanno altri esempii di vascelli così preservati (2).

1628. Venendo ora ai vantaggi prestati da questi apparecchi, dirò in breve essersi riconosciuto:

1.° Che gli edificii muniti di parafulmini ben costrutti non solo non hanno sofferto verun danno dalla folgore, ma che molti già infestati da una tale meteóra, dopo una siffatta difesa ne andarono esenti;

2.° Che allorquando il fulmine è caduto ne' suddetti edificii, ha sempre seguíto la strada del conduttore, e per essa è disceso e s'è disperso nel terreno.

Non cito esempii particolari, potendosene vedere un gran numero nella citata opera del Landriani.

1629. *Cautele a riparo delle persone.* Sopravvenendo un temporale mentre si è in una campagna, è cosa sommamente pericolosa il ricoverarsi sotto gli alberi; e sono assai frequenti ne' pubblici fogli i racconti di

(1) Landriani, *Dell'utilità* ec., p. 76, 240. — *Ann. de Chim. et de Phys.* T. XXVI, p. 292.
(2) Le Roi nelle *Mem. dell'Accad. di Parigi*, 1790, p. 481.

persone miseramente perite sotto questi malsicuri ripari; perocchè cadendo una folgore su d'un albero, l'elettrico sceso per esso albero fino all'altezza della persona che per avventura vi si trova ricoverata, salta su questa come più conduttrice. Non è nemmeno sicuro lo star ritto in piedi in mezzo all'aperta campagna a grande distanza da ogni albero, e presentare col proprio corpo una punta prominente e conduttrice. (1). Giova collocarsi, se è possibile, in vicinanza d'un albero, a una distanza di venti o trenta piedi dal tronco, e almeno a dieci o quindici piedi fuori della projezione de' rami. E la sicurezza si fa maggiore tenendosi sdrajato a terra.

Trovandoci in qualche casa non provveduta di parafulmini, giova star lontano dalle ferriate, dagli specchii, dalle dorature, e in genere dai pezzi metallici che sieno alquanto estesi in lunghezza, come pure dai cammini, ne' quali, attesa l'elevazione de' torrini e il calore del fumo che s'alza, può la folgore scendere più facilmente che in altre parti dell'edificio; e stare altresì lontano dalle muraglie umide, e collocarsi di preferenza nel mezzo della camera, sedendo su d'una scranna e tenendo i piedi su di un'altra, o stando seduti su più materazzi recati similmente in mezzo alla camera, o meglio ancora giacendo in un letto appeso a corde di seta (2).

(1) Beccaria cita il caso d'un pescatore fulminato a questa maniera, *Dell'Elettricismo*, Lett. XIV, § 264.
(2) Franklin, *Oeuvres*, T. I, p. 254.

INDICE DELLE MATERIE

CONTENUTE

IN QUESTO TERZO VOLUME

SEZIONE QUARTA

DELL' ELETTRICITÀ

		ERRORI	CORREZIONI ED AGGIUNTE
pag. 27	lin. 15	Piume, . . .	Stoffa di lana,
» ivi	» 16	Stoffe di lana,	Piume,
» 61	» 11	prominenze . .	prominenze acuminate
» 132	» 24	30	39
» 161	» 6	*ABC*	*ABD*
» 178	» 27	*S*	*S'*
» 179	» 11	*M*	*P*
» ivi	» 13	uno strato di .	una porzione della detta
» ivi	» 14	uguale nella quantità alla	indefinita la quale uguagli nella quantità la
» ivi	» 15	equivalente . .	equivalga
» 180	» 6	*M*	*P*
» ivi	» 15	*M*	*P*
» ivi	» 18	*M*	*P*
» ivi	» 29	*M*	*P*
» 231	» 22	he luogo . .	ha luogo in
» 290	» 16	da carta (*) . .	da carta (*); e assai spesso si trovano qua e là sollevate da esso vetro, rimanendo interposti de' sottili intervalli d'aria.
» 335	» 27	*B*	*E*
» ivi	» 28	*E*	*F*
» 357	» 19	della *B*	della *D*
» ivi	» 20	*B*	*D*
» 365	» 14	ne	se ne
» 370	» 27	*F'G'*	*F''G''*
» ivi	» 30	*F'G*	*F'G'*
» 376	» 23	XI	XII
» 395	» 13	*A'B'*	*A'B'*,
» 491	» 29	5	4
» 577	» 34	suono? . . .	suono? O sarebbe in fine essa luce una conseguenza del calorico comunicato dall'elettricità all'aria? V. più sotto al § 1546.
» 672	» 7	1489	1490
» ivi		*Da aggiung. alla nota*(2)	Anche ultimamente i sigg. Paltier e Guillemin non trovarono nelle correnti elettriche, eccitate da una pila di Volta, nessuna sensibile azione sui vegetabili. *Institut*, 27 luglio 1836, p. 245.
» 679		*Da aggiungere al* § 1497	Con due grandi giare Franklin stese a terra sei uomini. Scaricò cotali giare su d'un conduttore comunicante col capo di uno di essi uomini, i quali erano tutti in piedi e tenevano ciascuno una mano sul capo del suo vicino dalla banda più lontana dal conduttore, ad eccezione dell'ultimo il quale teneva la mano in comunicazione colle armature esterne. Non traboccarono essi da veruna banda, ma caddero verticalmente sopra sè stessi, piegandosi in tutte le giunture, come se fossero stati colpiti da morte istantanea, e non videro le scintille e nemmeno udirono lo strepito. Franklin, *Oeuvres*, T. I, p. 186. Paris, 1773.
» 708	» 16	secondo orlo che impedisse all'acqua di scendere all'esterno;	riparo anulare che impedisce all'acqua di bagnare lo strumento esternamente;
» 719	» 20	ultimi . . .	infimi
» 726	» 13	*Da aggiungere*	; come pure, giusta il suggerimento di Becquerel, nelle regioni polari durante le lunghe notti invernali (*Comptes Rendus des Séances de l'Académie*, 23 avril 1838, p. 527).
» 750	» ult.	1798	1698
» 764	» 30	*Da aggiungere* .	E possono gli animali ricevere delle forti scosse anche a notabile distanza dal sentiero della folgore in forza del così detto *contraccolpo* (§ 996)

TAV. I.a Fig. 1. 30.

Fig. 9.

C B A E F D

Fig. 10.

Fig. 11.

Fig. 16.

5.

Fig. 17.

E n C D G A B F

Fig. 18.

Fig. 23.

C V T S S' D P

Fig 73

Fig 74

Fig 75

Fig 76

Fig 77

Fig. 78.

Fig 79.

Fig. 80.

Fig 81

Fig 82.

Fig. 83.

Fig 84.

TAV. III. Fig. 83.
95.
96.
97
107.
108.
119.
134.
135.
136.
138.
139
140.

151.
152.
153.
164.
180.
181.
F
G
H
163.
A
B
178.
179.
C
D
E
A
B
177.
B
200.
202.
A
B
203.
201.
m
n
o
L
K
D
D'
O
204.
205.